Handbuch

der

Pflanzenkrankheiten.

Für Landwirthe, Gärtner und Forstleute

bearbeitet von

Dr. Paul Sorauer,

Dirigenten der pflanzenphysiologischen Versuchsstation am Kgl. Pomologischen Institute zu Proskau.



Mit 20 Holzschnitten und 16 Tafeln in Farbendruck.

Berlin.

Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey.

Verlagsbuchhandlung für Landwirthschaft, Gartenbau und Forstwesen.

1874.

Vorwort.

Durch das vorliegende Werk sucht der Verfasser die Aufgabe zu lösen, die durch neue Forschungen bedeutend erweiterte Lehre von den Krankheiten der Kulturgewächse in einer Weise darzustellen, daß sie auch solchen Leserkreisen zugänglich würde, deren praktischer Beruf ein eingehenderes botanisches Vorstudium nicht zugelassen hat. Eine neue Bearbeitung der Phytopathologie schien darum nützlich, weil einerseits seit dem Erscheinen der letzten speziellen Bearbeitungen dieser Disciplin eine bedeutende Anzahl sehr gediegener Forschungen neu hinzugekommen sind und weil andererseits die früheren Bücher die Krankheiten der Gartenpflanzen, namentlich der Obstbäume, sehr wenig oder gar nicht berücksichtigt haben.

Wenn der Forscher von Fach in dem vorliegenden Werke vielleicht auch einzelne Arbeiten vermißt, deren Erwähnung ihm wünschenswerth erscheint, so mag dieser Mangel mit den Schwierigkeiten entschuldigt werden, die sich der Erlangung der sehr zerstreuten, einzelnen Abhandlungen, namentlich ausländischer Forscher, entgegenstellen. Andererseits hat aber auch eine absichtliche Beschränkung in der Wahl des Stoffes stattfinden müssen, weil die Richtung des Werkes das praktisch Verwerthbare in eingehender Behandlung verlangt.

Bei dieser Richtung erscheint es nothwendig, in einer Einleitung den Bau und die Arbeit des *gesunden* Pflanzenkörpers so weit zur Besprechung zu ziehen, als es für das Verständniß der im Folgenden behandelten Krankheiten erforderlich ist. Für ebenso nothwendig aber hält der Verfasser die Darstellung der wesentlichsten Krankheiten durch Abbildungen. Um letztere

möglichst gut und richtig zu liefern, ist ein Theil der Originalzeichnungen von de Bary, Brefeld, Fischer von Waldheim, Rehm, Sachs, Graf Solms-Laubach, Schröter und von den Gebrüdern Tulasne kopirt worden. Die bisher fehlenden, aber zu einer Erkennung der Krankheiten für den Ungeübten ungemein wichtigen Habitusbilder sind, ebenso wie die anatomischen Figuren, welche vereinzelte neue Beobachtungen des Verfassers wiedergeben, nach der Natur von der bewährten Hand des Herrn Lithographen Meyn in Berlin gezeichnet worden.

Um der Darstellung die für größere Leserkreise nothwendige Einfachheit zu erhalten, sind die Nachweise der Quellen, aus denen der Verfasser schöpfte, sowie diejenigen Notizen, welche mehr für den Fachmann geschrieben sind, in der Form von Anmerkungen beigegeben worden. In den dort anzutreffenden Synonymen finden sich bisweilen dieselben Namen verschieden geschrieben; dies erklärt sich aus der beibehaltenen Schreibweise der verschiedenen Autoren, von denen die Namen angewendet worden sind. Zur Erleichterung des Ueberblickes über das gebotene Material sind auch die deutschen gebräuchlichsten Namen aller der Pflanzen in das Register aufgenommen worden, deren Krankheiten sich im Buche erwähnt finden, so daß es auf diese Weise auch demjenigen Praktiker möglich wird, eine Krankheit zu bestimmen, der den botanischen Namen der Nährpflanze nicht kennt. Die während des Druckes noch erschienenen wissenschaftlichen Arbeiten sind, soweit wie möglich, wenigstens in Anmerkungen noch angezeigt worden.

Proskau, den 1. Dezember 1873.

Paul Sorauer.

Inhaltsübersicht.

Capitel I.

Capitel II.

Capitel III.

Capitel IV.

Capitel V.

Capitel VI.

Capitel VII.

Capitel VIII.

Capitel I.

Die gesunde Pflanze.

§. 1. Das Grundorgan der Pflanze.

Das Verständniß für die Zustände, die mit dem Ausdruck „Krankheit" bezeichnet werden, ist von der vorhergehenden Erkenntniß des Baues und der Thätigkeit des Pflanzenkörpers im gesunden Zustande abhängig. Die Erreichung des Hauptzweckes bei dem Studium der Krankheiten, nämlich die Mittel zur Beseitigung derselben zu finden, kann erst dann in Aussicht genommen werden, wenn es gelungen ist, einen Einblick in diejenigen Vorgänge im Pflanzenkörper zu erhalten, deren Produkt der Aufbau eines gesunden Individuums ist. Diese Vorgänge sind die Thätigkeitsäußerungen der einzelnen Organe und das Studium derselben ist daher nothwendig die erste der hier zu berücksichtigenden Aufgaben, welche mit der Betrachtung des anatomischen Baues der Pflanzen zu beginnen hat.

Dieses Studium über den Bau unserer Kulturpflanzen vereinfacht sich wesentlich bei der Beobachtung, daß sämmtliche hieher gehörige Gewächse trotz der Verschiedenheit in der Form ihrer einzelnen Theile eine wesentliche Uebereinstimmung erkennen lassen. Der Körper der hier in Betracht kommenden Pflanzen zeigt sich in Wurzel, Stengel, Blätter u. s. w. gegliedert. Die mangelhafte Ausbildung oder der Verlust der einzelnen Theile macht sich überall in demselben Sinne durch Einstellung bestimmter Verrichtungen geltend und dieser Umstand zeigt, daß jedem Theile eine bestimmte Arbeitsleistung im Pflanzenkörper zukommt. Die Uebereinstimmung der einzelnen Pflanzen wird noch größer bei der Betrachtung der einzelnen Theile mittelst des Mikroskopes, welches alle Glieder aus demselben Grundorgan aufgebaut oder entstanden zeigt. Wir erhalten durch die Erkenntniß des Baues

und Lebens einer einzelnen Kulturpflanze einen Ueberblick über die sämmtlichen der Kultur unterworfenen Gewächse.

Das am leichtesten zugängliche Beispiel dürfte die Kartoffelpflanze liefern.

Bei einer im Keller bereits ausgetriebenen Kartoffelknolle sehen wir zunächst die blau- oder rothspitzigen Triebe in eine Anzahl Glieder getheilt. An der Basis eines jeden solchen Stengelgliedes (Internodium) zeigen sich mehrere warzenförmige Erhabenheiten, von denen sich eine durch ihre gefärbte Spitze als jugendlicher Seitentrieb ankündigt. Die Färbung wird durch einige bunte schuppenartige Blättchen hervorgebracht, welche, in ihrer Entwicklung trotz ihrer Kleinheit schon weit fortgeschritten, der fortwachsenden Spitze als schützende Kappe dienen. Der Seitentrieb entspringt aus der Achsel eines ebenfalls kleinen und gefärbten, leicht übersehbaren Blättchens, dessen Ursprungsstelle am Hauptstengel, zu dem es gehört, als Knoten (nodus) bezeichnet wird. Oberhalb und zu beiden Seiten dieser jugendlichen Seitenachse, welche innerhalb der Erde sich zum Tragfaden einer neuen Knolle ausbildet, im Lichte dagegen allmälig zum grünen Zweige wird, entspringen mehrere ungefärbte Erhabenheiten, welche die Rinde der Hauptachse durchbrochen haben und sich in feuchter Luft schnell zu kleinen Wurzeln verlängern. Nachdem der Kartoffelstengel am Lichte ein wenig erstarkt ist, und an Stelle der buntgefärbten, schnell vergänglichen, schuppenförmigen Blättchen ausgebildete grüne Blätter getreten sind, zeigt der Querschnitt durch ein Internodium bereits die verschiedenen Modifikationen des Grundorgans, der Zelle, die sämmtliche Pflanzengebilde aufbaut. In der Mitte des Kartoffelstengels stellen die Zellen ein Gewebe dar, das an die Zellen einer Bienenwabe deutlich erinnert. Jede Zelle dieses Gewebes läßt sich durch Einwirkung gewisser Salze und Säuren aus dem Verbande trennen und erscheint nun als ein allseitig geschlossenes, die ursprüngliche Form behaltendes, dünnwandiges, etwa 6—8 flächiges Kämmerchen, das nicht viel länger als breit ist und mit seinen flachen Seiten an ähnliche Kämmerchen oder Zellen angelegt war (Fig. IV u. VII, M). Das aus solchen Zellen gebildete Gewebe führt den Namen Parenchym, zum Unterschiede von dem Prosenchym, dessen Zellen, Holzzellen (Libriform Fig. I, b) und Bastzellen (Fig. I, c), lang gestreckt, meist dickwandig, an beiden Enden zugespitzt und mit diesen Enden, ohne Zwischenräume zu bilden, dicht zwischen einander gekeilt erscheinen. Diese Prosenchymzellen finden sich in dem für das unbewaffnete Auge weißlich erscheinenden festen Holzringe des Kartoffelstengels (Fig. VIII, H K und Fig. IX, H K), während das Parenchym, dessen Zellen an den Kanten durch kleine luftführende Räume, Zwischenzellräume (Intercellularräume), von einander getrennt sind, das Mark (Fig. IX, M K) und das Rindengewebe des Stengels (Fig. IX, R K) darstellt.

Der Holzkörper zeigt aber außer den erwähnten prosenchymatischen Gebilden, noch andere Elemente, welche in Gestalt langer, eigenthümlich gezeichneter Röhren auftreten. Die Zeichnung dieser Röhren, welche den Namen Gefäße (vasa)

führen, rührt von der Verdickung der Wandung her; denn man gewahrt bei genauerer Prüfung, daß die dicke Wand solcher Gefäße, wie diejenige der verdickten Zellen aus zwei Theilen zusammengesetzt ist, welche sich gegen Reagentien meist verschieden verhalten. Die äußerste dünne Wand jeder verdickten Zelle und jedes Gefäßes heißt die primäre Zellmembran, während die dickere innere Schicht, die sich erst bei zunehmendem Alter der Zelle bildet, die sekundäre oder Verdickungsschicht heißt. Diese innere Verdickung der Zellwand findet nun nicht an allen Stellen gleichmäßig statt; es bleiben unverdickte Stellen von verschiedener Form zurück. In der Mehrzahl der Fälle läßt die Verdickungsschicht runde, kleine Poren zwischen sich und man spricht dann von porösen Zellen und Gefäßen (Fig. I, d). Wenn die Poren größer und dichter an einander gelagert sind, so daß die Verdickungsschichten in schmalen netzartigen Streifen der primären Zellwand aufgelagert erscheinen, wendet man die Bezeichnung netzartig verdickt an (Fig. I, f). Bisweilen sind solche erweiterte Poren von regelmäßiger, fast eckiger oder von ovaler bis cylindrischer Form und in Längsreihen über einander gestellt, so daß die Verdickungsschichten an die Sprossen einer Leiter erinnern, wodurch die Gefäße als leiterförmige angesprochen werden (Fig. I, g). Immer mehr können nun die Zwischenräume den Verdickungsschichten gegenüber an Ausdehnung gewinnen, so daß sehr häufig der verdickte Theil der Wandung die Form eines schmalen schraubigen Bandes annimmt. Solche Gefäße führen mit Recht den Namen Schrauben- oder Spiralgefäße (Fig. VII, G). Häufig streckt sich ein solches Gefäß derartig, daß die angelegten schraubigen Verdickungsschichten nicht gleichen Schritt halten können und zerreißen. Dann finden wir die einzelnen Stücke des Schraubenbandes in Form von Ringen und nennen solche Gefäße Ringgefäße. Diejenigen Gefäße, welche zuerst in einem jugendlichen Pflanzentheile auftreten, sind die Schraubengefäße; bei ihnen tritt häufig

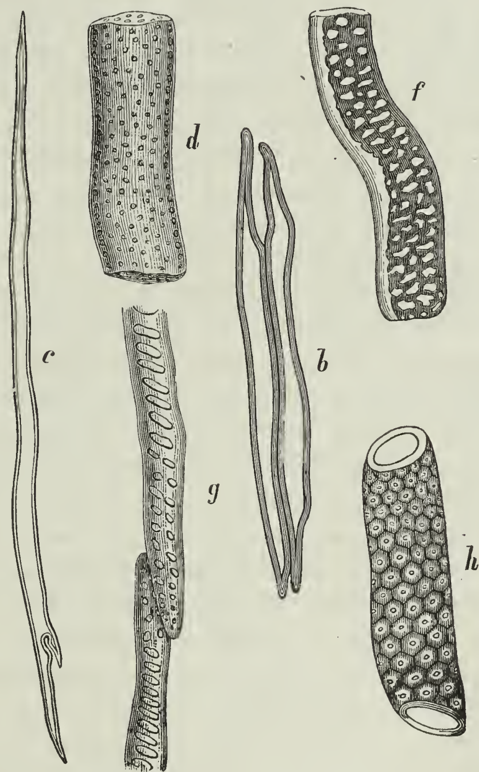


Fig. I.
Holzzellen, Bastzellen und Gefäßstücke aus dem Kartoffelstengel.

die Erscheinung ein, daß das Verdickungsband sich von der primären Zellmembran löst und nun frei ausgezogen werden kann; auf diese Weise entstehen die abrollbaren Schrauben- oder Spiralgefäße.

Zwischen den einzelnen Formen der Gefäße, sowie zwischen Zellen und Gefäßen herrschen die mannigfachsten Uebergänge; denn ein Gefäß (vas, trachea) ist nichts anderes als eine Reihe gleichartig verdickter, in einer Richtung über einander stehender Zellen, deren Querwände mehr oder weniger aufgelöst sind.

In vielen Fällen liegen diejenigen Zellen, welche sich zu Gefäßen verbinden, in keiner genauen Linie über einander, sondern die einzelnen Zellelemente berühren sich zum Theil mit einem Stück ihrer Seitenwandungen, wodurch der ganze verdickte Strang eine mannigfach gebrochene Linie bildet. In diesem Falle ist in der Regel nicht die ganze Berührungsfläche zweier neben einander liegender, meist keilförmig zugespitzter, Gefäßzellen durchbrochen, sondern nur durch ein Loch durchbohrt. Diese Bildung macht den Uebergang zu den gefäßartigen Holzzellen (Tracheïden), die oft gruppenweise seitlich an einander gelagert sind und deren gegenseitige Berührungsfläche nicht mehr durch ein großes Loch, sondern durch eine Anzahl schmaler, oft leiterförmig gestellter Spalten durchbrochen erscheint.

Bei einer Anzahl von Zellen und Gefäßen zeigen sich an Quer- oder Längswandungen bisweilen runde etwas vertiefte Stellen, die durch dicht stehende, feine offene Poren ein siebartiges Aussehen erhalten, so daß durch die Siebplatten zweier neben einander liegender Gefäße eine offne Verbindung derselben hergestellt ist. Solche Gefäße heißen Siebgefäße oder Siebröhren. Eine ebenso siebartige Beschaffenheit einzelner Stellen ist in der Wandung der sogenannten Gitterzellen beobachtet worden, die sich von den Siebzellen eigentlich nur dadurch unterscheiden, daß bei ihnen noch keine direkte Durchbrechung der Platte nachgewiesen worden ist. Siebröhren finden wir in den am weitesten in das Mark hinein reichenden Theilen des Holzringes in dem Kartoffelstengel (Fig. IX, S). Jenseits des Holzringes, im Rindengewebe zeigen sich dagegen vorwiegend andere gestreckte Zellelemente, die durch ihre lange, spindelförmige Gestalt und dicke Wandung an die Holzzellen oder Libriformfasern (Fig. I, b) erinnern, sich aber von ihnen durch ihre viel größere Länge, ihre Zähigkeit und Geschmeidigkeit unterscheiden und die Repräsentanten des „echten Bastes“ oder Hartbastes (Fig. I, c) vorstellen, während die Siebröhren mit andern Zellelementen den „Weichbast“ bilden. Die echten Bastzellen liegen häufig gruppenweise bei einander und zeigen, wie die Holzzellen, oft Neigung sich zu verzweigen. In der Kartoffelknolle ändern sich die Bastzellen zu sehr wenig langgestreckten, oft in allen Richtungen gleich großen, vereinzelt liegenden, Stärkemehl führenden Zellen um, deren deutlich in mehrere Schichten getheilte Wandung von zahlreichen Poren durchsetzt ist[1]).

---

1) Die Häufigkeit des Auftretens und die Verdickung der Wandung dieser Bastzellen ist um so größer bei den verschiedenen Kartoffelsorten, je stärkereicher dieselben sind, so daß die

Diese Poren, welche bei ihrem Verlauf durch die sehr dicke Wandung als schmale Kanäle erscheinen, sind hier in ihrem ganzen Verlauf annähernd von gleichem Durchmesser, während dieselben bei vielen Holzzellen und Gefäßen in ihrem Verlauf durch die Zellwand sich ändern. Bei letzteren Elementen sehen wir Poren, deren Basis an der primären Zellwand einen ziemlich weiten Kreis bildet. Die jüngeren innern Theile der Verdickungsschichten lassen an der entsprechenden Stelle einen kleinen freien Raum, so daß der Porus immer enger wird, je mehr die Verdickungsschichten nach dem Innern der Zelle hin zunehmen. Auf diese Weise erhält der ganze Porenkanal eine trichterförmige Gestalt, dessen größte Oeffnungsweite der primären Zellwand zunächst liegt. Sieht man nun senkrecht auf die Längsrichtung eines solchen Tüpfelkanals, so erscheint der kleine, von allen Verdickungsschichten frei gelassene Raum als eine scharf umgrenzte, meist kreisrunde Stelle, während der von den innern Schichten überwölbte breite Basaltheil des Trichters als ein minder heller Hof sich darstellt (Fig. I, h). Solche Poren oder Tüpfel, die besonders reich bei den Holzzellen der Nadelhölzer vorkommen, führen den Namen der „behöften Tüpfel". Wenn zwei benachbarte Zellen dergleichen Tüpfel besitzen, correspondirt die Lage dieser Tüpfel in beiden Zellen, deren primäre Zellwände an diesen Stellen häufig aufgelöst werden, so daß eine direkte Communikation eingeleitet wird.

Die starke Verdickung der Zellwandung ist aber durchaus keine spezifische Eigenthümlichkeit des prosenchymatischen Gewebes. Das Parenchym zeigt namentlich in denjenigen Zellschichten, welche die Oberhaut der Pflanzentheile darstellen, den Theil seiner Zellwand, welcher der Luft unmittelbar zugewendet liegt, bei zunehmendem Alter stark schichtig verdickt.

Die schichtige Verdickung beruht auf einer wechselnden Aufeinanderfolge dichterer und wasserreicherer Lagen in Richtung des Querdurchmessers der Zellwand; dieselbe Erscheinung läßt sich bisweilen auch in Richtung der Fläche ein und derselben Schicht erkennen. Bei dem Kartoffelstengel zeigt sich noch eine andere Art der Verdickung insofern, als mehrere Reihen von Rindenzellen ihre Wandungen nur an den Punkten stark verdicken, wo je drei von ihnen zusammenstoßen. Die den drei verschiedenen Zellen zugehörigen Verdickungsschichten sind so dicht mit einander verbunden, daß sie gleichsam ein zusammengehöriges Ganze bilden, wodurch das Gewebe ein schachbrettartiges Ansehen erhält. Man nennt dies Gewebe seiner oft stark hervortretenden Quellbarkeit wegen Leimgewebe (Collenchym) (Fig. IX, Sch, Fig. II).

In ihrem Verhalten zu Reagentien sind die Zellwandungen außerordentlich verschieden. Im Allgemeinen läßt sich festhalten, daß die Parenchymzellen durch Chlorzinkjod oder durch Jod und Schwefelsäure ihre Wandungen blau färben,

---

mikroskopische Beurtheilung des Stärkereichthums in der Ausbildung der Bastzellen eine wesentliche Erleichterung erfährt.

wonach sie als aus Zellstoff (Cellulose) bestehend angesehen werden. Diese Blaufärbung tritt bei den Holz- und Bastzellen in den Gefäßen gar nicht oder erst nach vorgängiger Behandlung mit andern Reagentien ein.

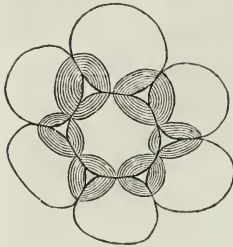

Fig. II.
Aufgequollene Collenchymzellen aus der Rinde des Kartoffelstengels.


Fig. III.
Stärkekörner aus der Kartoffelknolle.

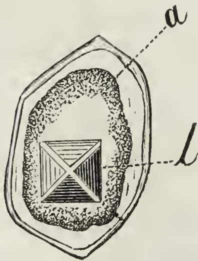


Fig. IV.
Krystall von oxalsaurem Kalk in der Markzelle eines alten Kartoffelstengels.

Die beiden verschiedenen Gewebeformen, das Parenchym und Prosenchym weichen auch in dem Inhalt ihrer Zellen wesentlich von einander ab, insofern als die Parenchymzellen die Träger des grünen Farbstoffs, des Blattgrün (Chlorophyll) sind, dem die Pflanzen ihr grünes Kleid verdanken. Namentlich sind die Blatt- und Rindenzellen, wie wir am Kartoffelstengel sehen, reich an Chlorophyll; hier erscheint auch noch unter der äußersten, wasserhellen Zellschicht, der Oberhaut (Epidermis) (Fig. IX, E), in einer oder mehreren Zellschichten ein blauer oder rother Farbstoff als Zellinhalt entweder in Form kleiner Kugeln oder als gleichmäßig durch das ganze Zellinnere vertheilte Flüssigkeit; das Parenchym enthält ferner vorzugsweise, wenn auch nicht ausschließlich jene feinen, ovalen oder eirunden charakteristisch geschichteten Körnchen, welche durch Jodlösung allein eine tiefblaue Farbe annehmen, die Stärke (Fig. III). Andere Pflanzen enthalten an Stelle der Stärke, fettes Oel, Zucker, oder einen demselben und der Stärke verwandten, durch Jod sich nicht färbenden, in kaltem Wasser schwer löslichen Stoff, das Inulin. Als Zellinhalt finden sich in diesem Gewebe auch rein anorganische Körper in Krystallform; es ist der kleesaure (oxalsaure) Kalk, der in verschiedenen Formen erscheint. Im Mark- und Rindengewebe des jungen Kartoffelstengels erscheint er in eine weiche (eiweißreiche) Masse eingebettet in Form sehr kleiner, zahlreicher, tetraëdrischer oder oktaëdrischer Krystalle, die bei schwacher Vergrößerung der ganzen Zelle ein trübes, körniges Ansehn verleihen (Fig. IX, O); im ältern Gewebe tritt er in Form einzelner großer, scharf ausgeprägter Octaëder im Markparenchym auf (Fig. IV, l). Kurz das Parenchym erweist sich als der bevorzugte Träger der wichtigsten Pflanzenstoffe. Das prosenchymatische Gewebe ist durchschnittlich inhaltsarm mit Ausnahme seiner Jugendzeit. Sehr häufig zeigen Holzzellen und Gefäße sich im ausgebildeten Zustande nur noch mit Luft erfüllt; die echten Bastzellen besitzen oft kaum noch einen bemerkenswerthen Innenraum (lumen) in Folge einer außerordentlich starken allseitigen Verdickung der Wandung. Nur in einzelnen Fällen scheinen umgewandelte Bastzellen fähig zu sein, für eine lange Zeit ihres Lebens hindurch Inhaltsstoffe zu führen. Diese Stoffe erscheinen

in Form einer meist trüben, bisweilen lebhaft gefärbten Emulsion, die als Milchsaft bezeichnet wird. Solche Bastzellen stellen dann eine Form der Milchsaftgefäße dar. Wir sagen „eine Form der Milchsaftgefäße", insofern auch die andere Gewebeform, das Parenchym, durch Verschmelzung von über einander stehenden Zellreihen dergleichen Milchsaftbehälter bildet. Bei manchen Pflanzen, wie z. B. bei unsern Nadelhölzern kommt es auch vor, daß sich wichtige Stoffe, wie Harze und ätherische Oele in erweiterten und zu langen Kanälen zusammentretenden Zwischenzellräumen anhäufen. Diese Intercellulargänge führen dann den Namen Harzgänge, bei andern Gummi führenden Pflanzen Gummigänge u. s. w.

Die Wichtigkeit der sämmtlichen bisher genannten Stoffe für den Pflanzenkörper tritt aber weit zurück vor dem Protoplasma, das wir als die Grundsubstanz ansehen möchten, aus welcher unmittelbar oder mittelbar alle übrigen Stoffe hervorgehen. Das Protoplasma stellt eine stickstoffhaltige, durch Jod sich gelb färbende, bisweilen klare, meist aber durch äußerst feine Körnchen getrübte, weiche, dehnbare, aber unelastische Masse dar, die durch ihre große Fähigkeit, Wasser in sich aufzunehmen, bald eine dünnschleimige oder gallertartige Beschaffenheit erlangt, oder in andern Fällen durch allmälige Wasserabgabe zu einer nahezu festen Masse sich zusammenziehen kann. Frei gelegtes Protoplasma besitzt die Eigenthümlichkeit, sich alsbald mit einer dichteren Schicht, einer Hautschicht, zu umgeben; aber auch ohne eine solche Grenzschicht besitzt es innerhalb der lebenden Zelle die Fähigkeit in Folge der ihm innewohnenden Lebensthätigkeit mit Auswahl Stoffe aus seiner Umgebung aufzunehmen. Namentlich deutlich zeigt sich das bei Farbstoffen, die als flüssiger Zellinhalt auftreten; dieselben sind nicht im Stande, den Protoplasmakörper solcher Zellen zu färben, so lange derselbe lebendig ist; wenn er dagegen abgestorben ist, lagern sich in ihm die Farbstoffe viel reichlicher, als in der Umgebung ab, färben ihn daher bedeutend intensiver, als diese. Das Protoplasma zeigt die Reaktionen der echten Eiweißstoffe, es wird durch Salpetersäure gelb, mit Kupfervitriol und darauf folgender Behandlung mit Kalilauge wird es violett, mit concentrirter Schwefelsäure meist rosenroth; es gerinnt durch Alkohol und concentrirte Mineralsäuren wie durch Einwirkung höherer Temperaturen; durch schwache Kalilauge und zum Theil durch schwache Säuren (z. B. Essigsäure) kann ein Theil gelöst werden u. s. w. Wir sind somit berechtigt, in diesem Hauptbestandtheil des Zellenleibes zunächst den hauptsächlichen Träger der Eiweißstoffe der Pflanzen zu erblicken.

Die Eigenschaften sowohl, als die Form des Protoplasmakörpers sind je nach dem Alter der Zelle verschieden.

In dem Jugendzustande des Zellenlebens, wie solches an der Spitze wachsender Stengel, auch der unterirdischen, wie der Kartoffelknolle zu finden ist, erscheinen die Zellen, welche später sich zu den verschiedensten Elementen ausbilden, alle gleich; sie sind sehr klein, eckig, in allen Richtungen von nahezu gleichem Durchmesser, von einem gleichmäßig trüben Protoplasma erfüllt und mit sehr dün-

nen, stickstoffhaltigen Wandungen versehen, die vollständig dicht, ohne Intercellularräume zu zeigen, an einander schließen (Fig. V). In diesem Gewebe, dem Urmenistem, bilden sich reichlich neue Zellen, die die Stengelspitze verlängern und die Anlagen für neue Blätter liefern. Betrachtet man diejenigen Zellen, welche nur einige Tage älter, sich etwas weiter von der Spitze entfernt zeigen, so erkennt man in Form und Inhalt schon eine Differenz. Namentlich sind es die Zellen, welche die Außenseite des Pflanzentheils bilden, also dem Lufteinfluß zunächst ausgesetzt sind und sich zu einer bestimmten Gewebelage, der Oberhaut (Epidermis), umbilden, welche dem übrigen Gewebe in ihrer Entwicklung voraneilen. Hier wird auch das feine Korkhäutchen, welches die Oberfläche sämmtlicher Oberhautzellen ohne Unterbrechung überzieht und durch Schwefelsäure sich leicht abheben läßt, dicker und leichter erkennbar. Diese Korkhaut (cuticula) widersteht der Schwefelsäure, löst sich aber in kochender Kalilauge; sie wird durch Jod allein, sowie durch die oben erwähnten Cellulosereagentien gelb gefärbt und zeigt bei größerer Stärke und zunehmendem Alter eine bisweilen große Menge Wachs, sowohl als äußersten Ueberzug als auch innerhalb ihrer Substanz eingelagert. Diesem Wachsgehalt der auf allen Pflanzentheilen vorhandenen Korkhaut verdanken dieselben ihre Unbenetzbarkeit durch Wasser und ihr häufig bereiftes Ansehen. Auch an der jugendlichen Kartoffelknolle sieht man die von der Spitze nach der Basis hin zunehmende Haut (Fig. VII, Cu).

Je weiter wir von der Spitze des jungen oberirdischen und des unterirdischen, zur Knolle anschwellenden Stengels uns entfernen, um so älteren Zellenzuständen begegnen wir. Zunächst zeigt der Inhalt der noch von Protoplasma angefüllten Zelle sich derart differenzirt, daß man eine äußere, etwas hellere Zone von einer kugeligen dichteren Masse unterscheiden kann.

Diese dichtere, sich allmälig schärfer umgrenzende, bald etliche kleine runde Körperchen einschließende Masse heißt Zellkern (nucleus) (Fig. V, 1) und dessen Einschlüsse die Kernkörperchen (nucleoli) (Fig. V, 2). In dem Maaße, als die Zelle größer wird, ist die zähflüssige Masse des Protoplasma gezwungen, sich über einen größeren Raum zu vertheilen. Da aber dessen Masse und Dehnbarkeit nicht in dem Grade wachsen als die Zelle selbst, mit deren Wandung das Protoplasma das ganze Leben hindurch in inniger Berührung bleibt, so entstehen hellere Hohlräume mit einem wässerigeren, wie wir annehmen, chemisch verschiedenen Inhalte, den Hanstein das Metaplasma genannt hat. Je mehr die Zelle wächst und Wasser zugeführt erhält, um so mehr gewinnen die helleren Hohlräume (Vacuolen) (Fig. VI, 1) an Ausdehnung und drängen die ursprüngliche Protoplasmamasse theils an die Wandung, theils in dem Innern der Zelle zusammen, ohne jedoch die beiden Parthieen gänzlich von einander zu trennen. Dieselben sind vielmehr durch schwache Stränge zwischen den

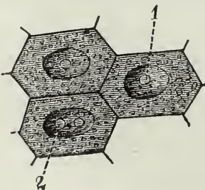


Fig. V.
Zellen aus der jüngsten Stengelregion.

einzelnen Vacuolen mit einander in Verbindung (Fig. VI, 2). Erst in späteren Entwicklungsstadien der Zellen tritt ein zusammenhängender freier Innenraum auf. Der wandständige Theil des Protoplasma's führt nun den Namen Primordialschlauch (Fig. VI, 3). Bevor aber noch das Protoplasma mit dem Zellkern durch den zunehmenden wässerigen Zellsaft an die Wandung gedrückt wird, also schon mit dem Auftreten der Sonderung des Zellinhaltes beginnt auch eine Strömung in den zwischen den Vacuolen liegenden Strängen, wodurch ein Stoffaustausch zwischen dem Primordialschlauch und der den Zellkern sackartig umschließenden centralen Plasmamasse hergestellt wird. Mit dieser ersten wahrnehmbaren Bewegung des Protoplasma's tritt eine Bewegung des Zellkerns auf. Derselbe wandert innerhalb der Zelle in verschiedener Weise, gelangt auch an die Wandung (wie die linke Zelle in Fig. VI zeigt), kriecht sammt seiner sackartigen Hülle ein Stück Weges an der Wandung entlang, um häufig dieselbe später wieder zu verlassen und nach dem Zellinnern zurückzukehren.

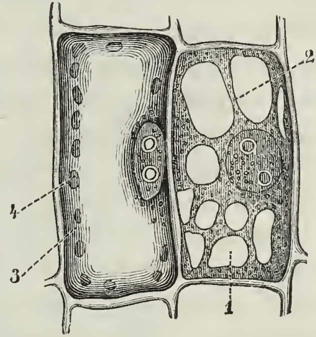


Fig. VI.
Jugendliche Parenchymzellen.

Schon jetzt aber bemerken wir, daß dieser Entwicklungszustand nicht mehr bei allen Zellen des jugendlichen Pflanzentheils auftritt. Bestimmte Gewebestränge, deren schmalere Zellen deutlich in der Längsrichtung des jungen Stengels gestreckt erscheinen, behalten ihren trüben gleichmäßigen Inhalt von nicht differenzirtem Protoplasma. Das junge Organ sondert somit seine Zellen in bestimmte, gestaltlich verschiedene Gewebesysteme.

§. 2. Die Gewebesysteme.

Nach dem Vorherrschen oder ausschließlichen Auftreten gewisser Grundorgane lassen sich am ausgebildeten Pflanzenkörper drei Systeme unterscheiden, die sich am deutlichsten in den Stengelorganen ausgeprägt finden und hier am unterirdischen Kartoffelstengel vorgeführt werden mögen. Wir finden an der Spitze der jugendlichen Kartoffelknolle, wenige Zellreihen unterhalb des Gipfels, parallel mit dem äußeren Umriß des Organs verlaufende Stränge aus gestreckten, mit Protoplasma angefüllten, dünnwandigen, augenscheinlich im Jugendzustande befindlichen Zellen (Fig. VII, P C), aus denen sich bereits einige Spiralgefäße (Fig. VII, G) herausgebildet haben. Diese Stränge stellen das Leit- oder Gefäßbündelsystem dar, dessen Ausbildung bei den verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen sehr verschieden; sie enthalten im fertigen Zustande meist neben Gefäßen noch Holzzellen; nur in fleischigen Pflanzentheilen, wie in dem hier vorgeführten angeschwollenen Kartoffelstengel, der

Kartoffelknolle, entwickelt sich statt der Holzzellen Parenchym. Das zweite System wird durch eine einzellige oder mehrzellige Schicht von Zellen gebildet, welche die Oberhaut des Pflanzentheils darstellen. Diese Zellen, welche sich meist durch wässerigen, der festen geformten Stoffe ermangelnden, durchsichtigen Inhalt, durch ihre seitlich fest an einander gereihte Lagerung ohne Zwischenräume auszeichnen, stellen das Hautsystem dar (Fig. VII, E). Alles übrige Gewebe, welches nicht zu den beiden ersten Systemen gehört und meist direkt aus dem an der Spitze angelegten Gewebe hervorgegangen ist, welches durch Intercellularräume ein lockeres Gefüge hat, nennt Sachs das Grundgewebe. Dasjenige Grundgewebe, das von den meist abweichend geformten Elementen des Gefäßbündelsystems eingeschlossen wird, bezeichnen wir als Markkörper (Fig. VII, M), das außerhalb des Gefäßsystems einer Achse liegende heißt Rinde (Fig. VII, R P). Es zeichnet sich im Allgemeinen durch seinen Reichthum an geformten Inhaltsstoffen aus, ist fast der ausschließliche Träger des Chlorophylls; es bildet das dritte, das assimilirende System. Diese verschiedenen Gewebesysteme gehen aus dem Gewebe der fortwachsenden Spitze, dem Urmeristem, hervor (Fig. VII, V). Die einzelnen theilungsfähigen Zellen desselben erscheinen von gleichmäßigem Protoplasma erfüllt; sie sind sehr dünnwandig, zeigen in allen Richtungen fast gleichen Durchmesser und sind ohne Zwischenräume an einander gelagert.

Die ersten Stadien bei der Differenzirung des Inhalts der Urmeristemzelle bei ihrem Uebergange in Parenchym haben wir bereits kennen gelernt (Fig. V und VI) bis zu dem Zustande des in Strängen strömenden Protoplasma's zwischen den Vacuolen.

Das Protoplasma wird alsbald weiter verarbeitet, die Stränge zerreißen; wir finden den Zellkern wie ein jugendliches scharf umgrenztes Zellchen ausgebildet im wässerigen Zellinhalt oder an einer Stelle der Wandung. Seine Kernkörperchen haben sich oft vermehrt. Die zähschleimige Masse des Primordialschlauchs liegt als undeutlich erkennbares Häutchen dicht an der Innenseite der Zellwand, die jetzt zu Cellulose geworden ist, und ist nur durch wasserentziehende Mittel als schrumpfender Sack von der Wand abzuheben (Fig. IV, a). Zwischen den einzelnen Zellen sind Intercellularräume bemerkbar. Gleichzeitig mit dem Auftreten dieser lufterfüllten Räume zwischen den Zellen zeigt sich in denselben die erste Stärke (Fig. VII, St) in Form äußerst kleiner Körnchen, die sich mit dem Wachsthum der Zelle vergrößern. Eine kleine Abänderung findet bei den grünen Geweben statt; hier zeigt sich im wandständigen Plasma eingelagert eine Anzahl rundlicher oder länglicher solider weicher Plasmakörner (Fig. VI, 4), die bei Einwirkung des Sonnenlichtes durch Erzeugung des grünen Farbstoffs, des Chlorophylls, ergrünen und nun die Chlorophyllkörner darstellen, die sich vergrößern und durch Zweitheilung vermehren können. In diesen Körnern entsteht später das Stärkekorn, welches häufig so stark wächst, daß das ursprüngliche Chlorophyllkorn dadurch verschwindet.

Die erste Anlage des Gefäßbündels zeigt sich alsbald unterhalb der Spitze

aus stickstoffreichen, dünnwandigen, in der Längsrichtung des Stengels gestreckten, ohne Intercellularräume an einander gereihten Zellen gebildet, die in isolirten



Fig. VII.
Längsschnitt durch die Spitze einer sehr jungen Kartoffelknolle.
Da, wo bei J die stärkeren Zellwände beginnen, fangen auch die Intercellularräume an.

Strängen zwischen dem parenchymatischen Gewebe erscheinen und in diesem Zustande als **Procambium** bezeichnet werden.

In solchem Procambiumstrange beginnt alsbald die Ausbildung einiger Gefäße in der Form von Schraubengefäßen auf der dem Markkörper zunächst liegen-

den Seite und dem entspricht auf der nach der Rinde zu gelegenen Seite des Stranges die Entstehung einiger Bastzellen.

Diese Bildung schreitet nun von beiden Seiten aus nach der Mitte des Stranges hin fort und dadurch wird die Schicht der ursprünglichen, plasmareichen, der Zellvermehrung fähigen Procambialzellen immer schmäler. Bei den mit einem Samenlappen keimenden Pflanzen (Monocotyledonen), wie unsern Getreidearten wird endlich das ganze Procambialgewebe umgewandelt; die letzten Zellen bilden sich noch zu Gitterzellen aus. Das stets isolirt bleibende Gefäßbündel hat dann seine Bildung abgeschlossen und die ihm während seiner Bildung obliegende Arbeit muß von neuen Bündeln übernommen werden. Anders verhält sich die Sache bei den mit 2 Samenlappen keimenden Gewächsen (Dicotyledonen), denen die Mehrzahl der Kulturpflanzen angehört. Auch hier haben sich die Procambiumstränge zu Gefäßbündeln ausgebildet (Fig. VIII, H K); dieselben bleiben aber nicht lange isolirt zwischen dem ursprünglichen Parenchym (Fig. VIII, G r) liegen, sondern werden durch neu entstehende Holzzellen zu einem continuirlichen Holzringe verbunden. Die Zusammensetzung des Gefäßbündels zeigt Fig. IX[1]). Ursprünglich war die ganze Gegend von B, B bis B² ein Procambiumstrang, an den sich im Innern der Markkörper Fig. IX, M K und der Rindenkörper R K anschloß. Die Bildung der Gefäße begann zwischen P G und B² und ungefähr gleichzeitig zeigen sich einzelne Bastzellen in der Gegend von B. Während in dieser Region die Zahl der ersten Bastzellen zunimmt, steigert sich auch die Neubildung der Gefäße und dazwischen liegenden Holzzellen von P G aus nach der Rinde hin, bis die Region C erreicht ist. Hiermit ist die Bildung des Gefäßbündels zunächst beendigt; aber dazu ist nicht das ganze Procambium verbraucht worden, sondern ein schmaler Streif C C ist unverändert geblieben. Sein Zweck ist, so lange der Kartoffelstengel noch wächst, neue Zellen zu bilden, die allmälig zu Holzzellen einerseits, zu Bastzellen andrerseits werden. Die Ausbildung der in der Zone C C neu entstehenden Zellen drängt die schon gebildete Bast- und Rindenpartie nach außen. Da dieser Vorgang am ganzen Umfange des Stengels gleichmäßig vor sich geht, so wird dadurch der Stengel dicker. Es hat somit das Gefäßbündel außer dem an das Mark grenzenden Holztheil oder Xylemtheil (Fig. IX, H K) und dem an die Rinde grenzenden, aus echten Bastzellen und Siebzellen bestehenden Bastkörper (Phloëm) (Fig. IX, B) eine zwischen beiden Gewebepartien liegende Schicht von Zellen, deren Thätigkeit in

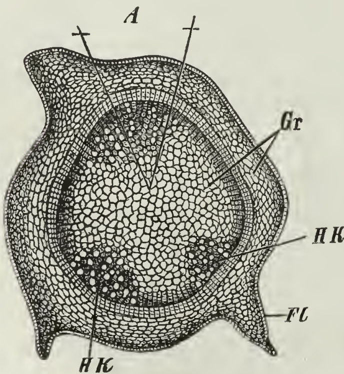


Fig. VIII.
Querschnitt durch einen jungen Kartoffelstengel.

1) Fig. IX stellt den Ausschnitt A von Fig. VIII vergrößert dar.

der Bildung neuer Zellen besteht, wodurch das continuirliche Dickenwachsthum des Stengels ermöglicht wird. Diese dauernd fortbildungsfähige Zone, welche von dem

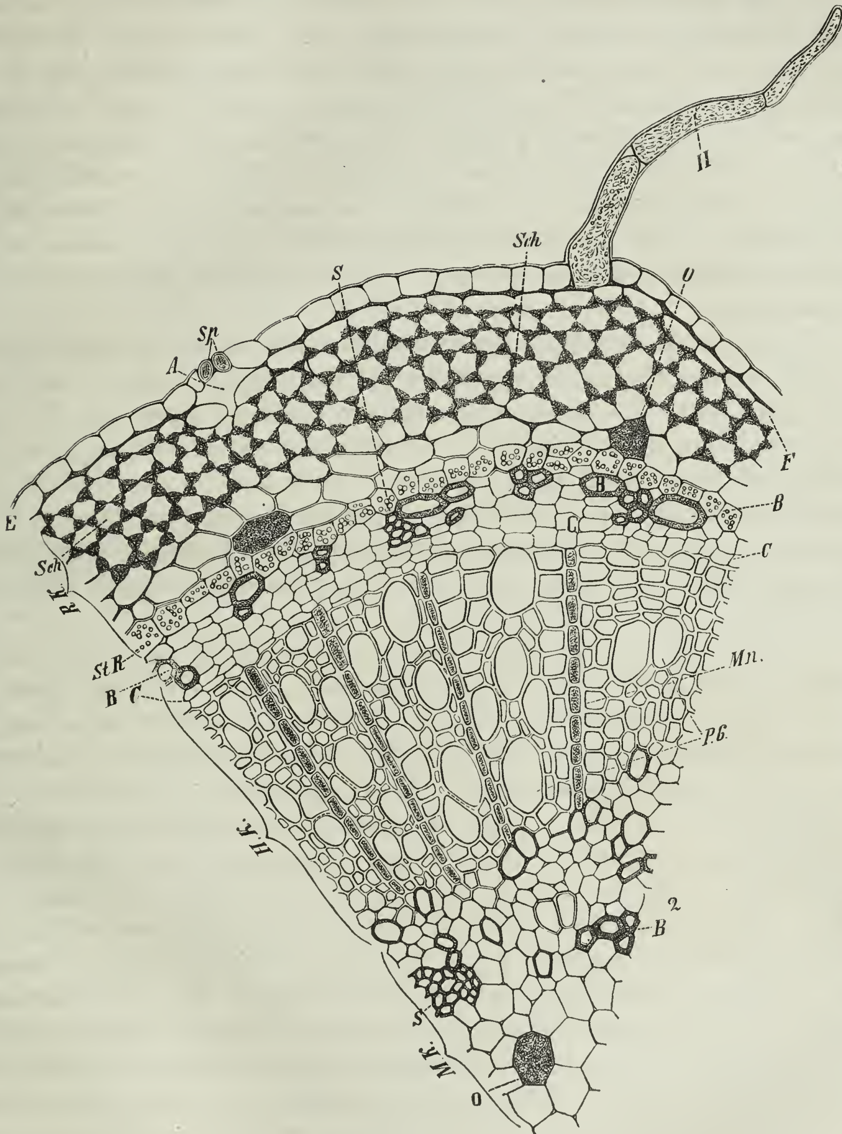


Fig. IX.
Ausschnitt A in Fig. VIII, stärker vergrößert.

Procambium übrig geblieben ist, heißt jetzt das Cambium. Auf der hier beschriebenen Thätigkeit desselben beruht die Verdickung unserer sämmtlichen Bäume,

sowie der strauch- und krautartigen dicotylen Kulturpflanzen. Durch diese Ausbildung der Gefäßstränge, welche in der Kartoffelknolle allerdings stets isolirt verlaufen, im Kartoffelstengel dagegen den zusammenhängenden Holzring darstellen, könnte es scheinen, als wäre der Markkörper nun vollständig vom Rindenkörper getrennt. Dies ist aber nicht der Fall, weil ein bis zwei Zellreihen auch im Kartoffelstengel die einzelnen Gefäßbündel von einander trennen. Diese in der Richtung des Radius gestreckten, der Form nach parenchymatischen Zellreihen, welche Mark- und Rindenkörper mit einander verbinden, heißen die primären Markstrahlen, während man als sekundäre Markstrahlen die bei Wiederaufnahme seiner Arbeit in einer folgenden Vegetationsperiode aus dem Cambium hervorgegangenen Parenchymstrahlen anspricht, die nicht mehr bis zum Markkörper des Stammes gehen.

Das dritte Gewebesystem, das Hautsystem, zeigt sich bei den meisten grünen und bleichen unterirdischen Pflanzentheilen als eine einfache Zellschicht mit klarem wässerigem Inhalt. Die Form der Zellen ist in der Regel tafelförmig; ihre größte Ausdehnung fällt in die Längsrichtung des Organs, das sie bekleiden, ihre Entwicklung eilt dem übrigen Gewebe voraus und namentlich zeigt der nach außen liegende Theil der Zellwand, die zunächst aus Cellulose besteht, alsbald eine stärkere Verdickung durch abwechselnd dichtere und wasserhaltigere Schichten. Diese äußerste Zellenlage führt den Namen der Oberhaut oder Epidermis (Figg. VII und IX, E).

Je nach der Art der Pflanze und des Pflanzentheils, den die Oberhaut bekleidet, erhält dieselbe eine verschiedene Ausbildung. An der jungen Knolle der Kartoffel zeigt sich alsbald in der Epidermis und der unmittelbar unter derselben liegenden Zellschicht eine reiche Neubildung von Zellen, deren Lagerung und Inhalt das aus ihnen gebildete Gewebe als Kork erkennen lassen (Fig. VII, K).

Das Verhalten des Korkes gegen Reagentien ist bereits bei der alle Epidermiszellen überziehenden cuticula erwähnt worden; es bleibt hier nur noch übrig, auf das Verhalten dieser Gewebeform gegen Wasser aufmerksam zu machen. Der elastische Kork ist nämlich von Wasser wenig oder gar nicht durchdringbar und ebensowenig quellbar, während z. B. die Holzzellen begierig Wasser aufsaugen, ohne wesentlich zu quellen und man bei Parenchymzellen nicht selten Wandungen findet, von denen einzelne Schichten eine derartige Substanzveränderung erlitten, daß sie in kurzer Zeit durch enorme Wasseraufsaugung zu Schleim aufquellen (Leinsamen und Quittenkerne). Dieses resistente Verhalten des Korkes gegen Wasser und andere Reagentien, sowie die dichte, keine Intercellularräume zeigende Lagerung der Zellen weist darauf hin, daß er von der Natur als Schutzschicht gebraucht wird. Wir sehen ihn als Vernarbungsgewebe bei Wunden, als Trennungsgewebe bei sich ablösenden Pflanzentheilen und als dicken schützenden Mantel der Baumstämme, sowie mancher fleischiger unterirdischer Pflanzentheile auftreten. Die Korkbildung kann bei Wunden in den verschiedensten Geweben stattfinden. In den

Fällen, wo er normal als schützende Hülle des Rindengewebes auftritt, hängt die Bildung stärkerer Lagen von der Thätigkeit einer unmittelbar unter dem fertigen Kork befindlichen plasmareichen Zellschicht, dem Korkcambium oder Phellogen, ab (Fig. VII, K C). Bei unsern Bäumen zeigt sich häufig nach der ersten in den äußersten Rindenschichten eine sekundäre Korkbildung durch Entstehung von Tochterzellen in tiefer nach innen liegenden Rindenzellen und dieser Vorgang kann sich bei weiterem Dickenwachsthum des Stammes wiederholen. Ist der ganze Stammumfang eines Baumes gleichmäßig von zusammenhängenden, von innen her stetig sich vermehrenden Korklagen (Periderm) eingenommen, so tritt ein Zeitpunkt ein, wo dieselben dem Streben des Baumes nach weiterer Ausdehnung nicht mehr folgen können; das durch Korkplatten abgeschnürte Rindengewebe reißt auf und bildet die Borke. Man unterscheidet dann eine Schuppenborke von der Ringelborke; erstere besteht aus abwechselnden Lagen von abgestorbenem Rindenparenchym und unter einander verästelten Korkzellenschichten, wie bei den Pappeln; letztere dagegen zeigt sich aus concentrischen Ringen tafelförmiger Korkzellen gebildet und blättert in Querstreifen vom Stamme ab, wie bei der Birke und Kirsche.

Während die Epidermis durch die Korkbildung gleichzeitig die Aufhebung ihrer eignen Thätigkeit einleitet, schafft sie in andern Fällen von frühester Jugend an sich bedeutende Hülfsmittel, die ihre Thätigkeit unterstützen. Es sind dies zunächst die Haare, welche Ausstülpungen einzelner oder mehrerer Epidermiszellen sind. In vielen solchen Ausstülpungen findet eine Neubildung von Zellen statt, wodurch somit mehrzellige, häufig sich verästelnde Haare erzeugt werden. Der Kartoffelstengel trägt solche mehrzellige Haare in zweierlei Form. Die häufigste und am längsten dauernde Form stellt einen langen Kegel mit chagrinirter Oberfläche dar (Fig. IX, H); die zweite, für die Arbeit des grünen Pflanzentheiles jedenfalls wichtigere, schnell vergängliche besteht aus einem gestielten mehrkammerigen Köpfchen, das an den jugendlichen Pflanzentheilen vorzugsweise zu finden ist und bei zunehmendem Alter bald verschrumpft. In seiner kräftigsten Entwicklung ist das Köpfchen reich an Protoplasma. Was dieselben aber besonders merkwürdig macht, ist das Auftreten von Eiweißkrystallen in Form von Würfeln oder seltener von quadratischen Säulen (Fig. X, Al). Dieselben Proteïn- oder Aleuronkrystalle kommen auch in der Knolle vor und bilden dort einen Maaßstab für den Stärkereichthum der Knolle, indem ich ihre Zahl um so größer fand, je geringer der Stärkegehalt war. Da sie in der Nähe der Augen, wo das stickstoffreiche junge Gewebe am reichlichsten vorhanden ist, auch am reichlichsten vorkommen, so läßt sich annehmen, daß sie eine Art Reserveform der Eiweißstoffe (wahrscheinlich des Albumins) darstellen und ihr Auftreten in den Haaren bei kräftig vegetirenden, dem Lichte ausgesetzten Pflanzen weist darauf hin, wie wichtig diese Köpfchenhaare oder Drüsenhaare sind. Das

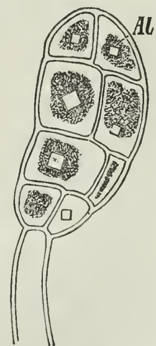


Fig. X.
Drüsenhaar mit Proteïnkrystallen von einem jungen Kartoffelblatte.

Auftreten der Drüsenhaare ist weit verbreitet im Pflanzenreich; sie enthalten sehr verschiedene Stoffe, häufig ätherisches Oel; Proteïnkrystalle aber habe ich bis jetzt nur noch bei dem Liebesapfel, Solanum Lycopersicum L. gefunden, während sonst krystallinische Eiweißstoffe (Krystalloïde) in Geweben nicht zu den Seltenheiten gehören. Andere Formen von Haaren kommen bei der Kartoffel nicht vor. Bei andern Pflanzen wachsen einige Epidermiszellen zu flächenförmigen Bildungen aus, welche als „Schuppen" bekannt sind. Verdickt sich die Wandung der Haare sehr stark, bezeichnet man sie als Borsten und bei starker Verholzung als Stacheln.

Die wichtigste Bildung der Epidermis dürfte die Spaltöffnung (stoma) sein (Fig. IX, Sp). Dieselbe erscheint auf allen grünen Pflanzentheilen mit Ausnahme der in Wasser dauernd untergetauchten Blätter, auf vielen Blumenblättern, Früchten, Samen und in der Erde befindlichen Stengeln. Wir verstehen unter Spaltöffnungen kleine Poren der Oberhaut, die einen Austausch der Luftarten im Innern der Pflanzen mit der äußern Luft herstellen. Je zwei neben einander liegende Zellen von halbmondförmiger Gestalt sind mit ihren concaven Seiten gegen einander geneigt und berühren einander somit nur mit ihren Enden. Die auf diese Weise gebildete ovale oder elliptische Oeffnung, die sich bei Wasserreichthum des Gewebes durch größere Krümmung zunächst erweitern, unter entgegengesetzten Umständen sich verengen kann, steht in Verbindung mit einem darunter liegenden großen Intercellularraum, der Athemhöhle und mit dieser communiciren die kleinen Intercellularräume im Innern des Blattgewebes. Auf diese Weise wird durch die stets in großer Menge auftretenden stomata eine reguläre Durchlüftung des Pflanzentheils ermöglicht. Am reichlichsten finden sich diese Gebilde auf der Unterseite der grünen Blätter, wo sie durch Abziehen eines Stückchens Oberhaut leicht erkannt werden können. Die beiden, den Spalt bildenden Zellen, die Schließzellen, zeichnen sich nämlich durch ihren Inhalt von allen andern Epidermiszellen aus; während man durchschnittlich einen hellen, wässerigen Inhalt vorfindet, sieht man auf den grünen Pflanzentheilen die Schließzellen der Spaltöffnungen mit geformten Inhaltsstoffen, mit Chlorophyll und Stärke oder Oel versehen, was darauf hindeutet, daß diese Zellen auch eine andere Arbeit, als die übrigen Epidermiszellen haben.

Mit diesen Hülfsmitteln ausgerüstet vereinigt nun das Hautsystem seine Arbeit mit den übrigen Gewebesystemen in der mannigfachsten Weise, je nachdem dieselben sich in den einzelnen Theilen des Pflanzenkörpers vereinigt finden. Aus der Vereinigung ihrer Arbeiten resultirt die Arbeit des ganzen Werkzeugs.

Wenn von einzelnen Autoren der Pflanzenkörper mit einer Maschine nach gewöhnlichem Sprachgebrauch verglichen wird, so können wir das Bild wohl acceptiren; jedoch sind wir genöthigt, diesen Begriff der Maschine zu erweitern. Durch die Erkenntniß, daß die einzelnen Systeme, welche die verschiedenen Werkzeuge der Maschine zusammensetzen, nicht von Anfang an fertige und unveränderliche, sondern

in jedem Augenblicke andere, sich entwickelnde, wachsende Gebilde sind, werden wir gezwungen, im Pflanzenkörper eine Maschine zu sehen, welche sich durch eigne Thätigkeit aufbaut und weiter entwickelt. Solche Maschine nennen wir einen Organismus und ihre einzelnen Werkzeuge Organe oder Glieder.

§. 3. Bau und Arbeit der einzelnen Glieder des Pflanzenkörpers.

In Rücksicht auf die Bedeutung ihrer Arbeit für den Aufbau des Pflanzenkörpers wird von den Organen zunächst die Wurzel der Betrachtung unterzogen werden müssen; daran schließt sich der Stengel nebst Blatt und die Blüthe mit der Frucht.

Das Uebereinstimmende im Bau der verschiedenen Organe ist ihre Zusammensetzung aus denselben Grundorganen, den Zellen und deren Verschmelzungen (Fusionen), den Gefäßen. Die Ausbildung des Grundorgans erfolgt in zwei divergirenden Richtungen, indem die zu bestimmten Gewebesystemen vereinigten Zellen entweder vorzugsweise reich an Inhaltsstoffen bei dünnerer Wandung sich zeigen, oder aber eine starke Wandverdickung auf Kosten des Zellinhalts erhalten.

Das Unterscheidende im Bau der Organe beruht in der Anordnung und dem Maaße der Ausbildung der einzelnen Gewebe-Systeme.

A. Die Wurzel.

Jede Wurzel, gleichviel, ob sie die primäre Achse (Pfahlwurzel) oder eine seitliche Verzweigung derselben (Nebenwurzel) ist, stellt im Jugendzustande einen Kegel dar, dessen Spitze das jüngste, neue Zellen erzeugende Gewebe, das Urmeristem, birgt. In demselben sind drei, nach ihrer Entwicklung und späteren Arbeit differenzirte Gewebezonen unterscheidbar, nämlich die äußerste Zellschicht, das Dermatogen (Fig. XI, D), welches sich zur Epidermis (E) ausbildet; ferner eine oder wenige darunterliegende Zellreihen, welche wie das Dermatogen in zusammenhängenden Lagen kappenartig das centrale Urmeristem überziehen und die Anlage für die später sich entwickelnde Rinde (R) bilden. Diese jüngste Rindenanlage (Fig. XI, P) heißt Periblem. Der innerste, centrale Urmeristemkörper stellt das Plerom (Pl) dar, welches sich zu den Gefäßbündelsträngen und (bei den in der Anlage übereinstimmenden Stengeln) zum oft stark ausgebildeten Markkörper entwickelt. Da sich dieselbe Gliederung in dem Urmeristem der Stengelspitze wiederfindet, nähert sich der Bau der Wurzel demjenigen des Stengels. Die Wurzel besitzt aber ein unterscheidendes Merkmal von großer Beständigkeit und physiologischer Wichtigkeit; es ist die sogenannte Wurzelmütze (Wurzelschwämmchen, spongiola) (Fig. XI, W); sie besteht aus einer Anzahl Zellenreihen, welche kappenartig über die eigentliche fortwachsende Urmeristemspitze schützend gestülpt sind.

Nach Hanstein und Reinke[1]) sind diese Kappen als eine Wucherung der Oberhautanlage, also des Dermatogens anzusehen. An dem Scheitel der Wurzelspitze stoßen beide Theile, der eigentliche Wurzelkörper und der Mützenkörper zusammen und die hier neugebildeten Zellen verlängern auf einer Seite die jüngste Wurzelspitze, auf der andern Seite werden sie zu jungem Wurzelmützengewebe.

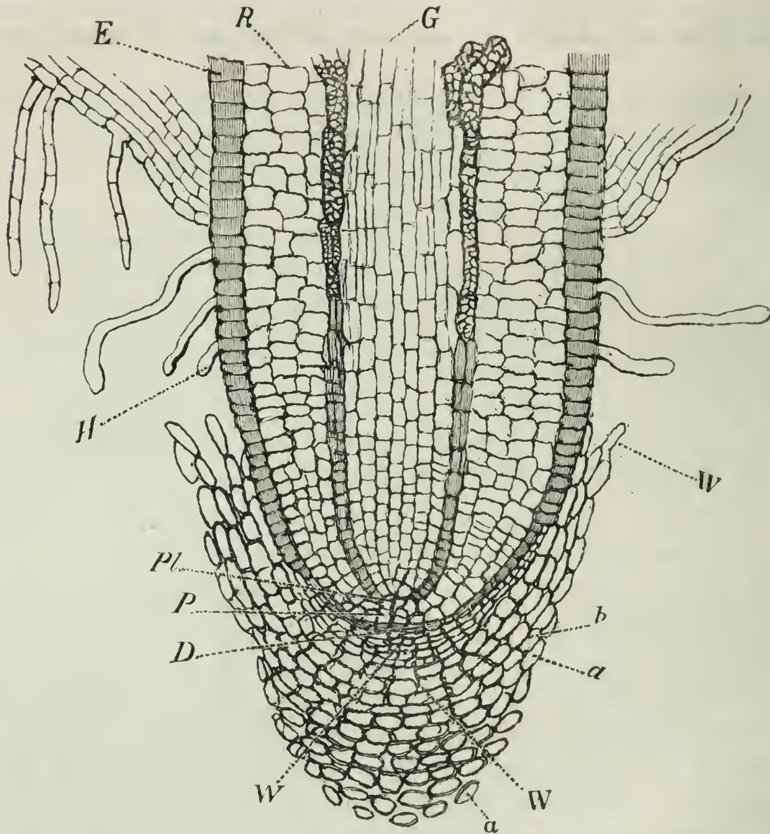


Fig. XI.
Junge Wurzel, welche aus dem grünen Kartoffelstengel hervorgebrochen.

Es könnte hier erscheinen, als müßte auf diese Weise die Wurzelmütze sehr groß werden, da sich immer neue Zellen in ihrem Innern bilden; allein dies ist darum nicht der Fall, weil die äußersten, ältesten Zellen (Fig. XI, a) sich in dem Verbande mit den nächstjüngern stark lockern und nun in schleimige Auflösung von saurer Reaktion übergehen. Kenntlich wird dieser Schleim, wenn man ein gequollenes Roggenkorn z. B. in feuchter Luft keimen läßt und die junge Wurzelspitze

1) Bot. Zeitung 1870, p. 55.

gegen die Hand bringt; sie klebt dann an derselben. Hier läßt sich der Schleim auch leicht sichtbar machen, wenn die vorsichtig abgeschnittene Wurzelspitze auf einem Glastäfelchen schwach gerollt und darauf Alkohol zugesetzt wird. Die einzelnen losgelösten Zellen zeigen sich dann zum Theil durch Schleimfäden verbunden. Die sich allmälig ablösenden Zellen der Wurzelmütze sind darum von nicht zu unterschätzender Bedeutung, weil sie in ihren Auflösungsprodukten ein Mittel bilden, schwer in Wasser lösliche mineralische Nährstoffe, wie z. B. kohlensauren Kalk, in eine für die Pflanze leicht aufnehmbare Form überzuführen. Durch die Wurzelmütze ist eine Wurzel im Stande, ihren ganzen Lauf auf einer polirten Marmorplatte einzuätzen, indem sie einen Theil des Kalkes auflöst. Daß auch die Wurzelhaare, welche etwas keulenförmige Ausstülpungen der Oberhaut sind, in diesem Sinne arbeiten, ist wahrscheinlich. Es dürfte hierbei nicht überflüssig sein, zu bemerken, daß die jüngste Spitze einer Wurzel noch nicht behaart ist. Erst in einer gewissen Entfernung hinter derselben, wenn die Dermatogenschicht sich bereits zu wirklichen Epidermiszellen ausgebildet, erscheinen sie in acropetaler Richtung, d. h. die jüngst gebildeten immer der Spitze am nächsten, während die an den älteren Theilen der Wurzeln befindlichen, früher entstandenen, Haare absterben. Dafür verdicken sich aber dort die an ihrer Außenseite in der Jugend oft schleimigen Wandungen der Epidermiszellen und diese selbst werden später durch Kork ersetzt.

Im Ganzen betrachtet stellt also jede Wurzel einen Kegel dar, dessen innerer Theil aus einem System von Gefäßen und verdickten Zellen, dessen äußerer Theil aus dünnwandigen parenchymatischen Zellen besteht. Der ganze Wurzelkörper ist ursprünglich umgeben von einer Hautschicht, deren einzelne Zellen an den älteren Theilen sich häufig haarförmig ausstülpen (Fig. XI, H), deren Gipfelregion an der jüngsten Wurzelspitze zu einer vielschichtigen Kappe, der Wurzelmütze, sich ausbildet.

Dieser Wurzelkegel mit seinen Verzweigungen befindet sich im Boden und dient der Pflanze zur Befestigung und zur Herbeischaffung der Nahrung. Bevor wir uns aber Rechenschaft geben können, auf welche Weise die Nahrungsaufnahme vermittelt wird, erscheint es nöthig, einen Blick auf die Umgebung der Wurzel zu werfen, welche diese Nahrung enthält, die bekanntlich aus wenigen zu Salzen verbundenen Elementen besteht. Diese Salze sind entweder in einer löslichen oder in Wasser unlöslichen Form enthalten. Sie befinden sich zum Theil derartig von den einzelnen feinen Bodenpartikelchen festgehalten (absorbirt), daß sie durch Wasser nicht davon entfernt werden können. Aus der Praxis und einer großen Anzahl von wissenschaftlichen Versuchen wissen wir, daß der Boden eine Lösung von Pflanzennährstoffen nicht ungehindert durchläßt. Wäre dies der Fall, dann wäre jeder Regen der größte Feind der Kultur, da er die Stoffe, welche den Pflanzenkörper bilden sollen, unerreichbar für die Pflanzenwurzeln in den Untergrund hinabspülen würde. Die Drainage wäre in diesem Falle eine sehr schädliche Einrichtung, da mit dem abgeleiteten Wasser gleichzeitig die Pflanzennährstoffe fortgeleitet würden.

Dem ist aber nicht oft so. Die Untersuchungen des Drainwassers aus sehr verschiedenen Bodenarten haben gezeigt, daß gerade die für die Pflanzenernährung wichtigsten Stoffe, wie Kali und Phosphorsäure in dem Wasser der Drains nur in äußerst geringer Menge enthalten sind, daß also der Boden dieselben zurückzuhalten im Stande ist. Andere Versuche bestätigen dies. Mistjauche wurde auf rohen Torf gegossen und nach einigen Stunden von dem Torfe entfernt. Der so durchtränkte Torf wurde wochenlang mit Wasser ausgewaschen und dann mit Mais besäet. Gleichzeitig wurde in einen nicht mit Jauche behandelten Torf Mais ausgelegt. Die Behandlung sämmtlicher Pflanzen war eine gleiche. Die Ernte zeigte, daß der rohe Torf einen verschwindend kleinen Ertrag im Verhältniß zur Ernte des mit Jauche durchtränkt gewesenen Torfs brachte, was nur durch die im Torf zurückgehaltenen Nährstoffe erklärlich wird (Stohmann). Es ist jedoch nicht zu verschweigen, daß es auch Bodenverhältnisse giebt, in denen die Anziehungskraft der Bodenpartikelchen zu den gelösten Stoffen kleiner ist, als die Anziehung des Wassers zu denselben und daß dann (was durch neuere Analysen sich herausstellt) ein Auslaugen des Bodens durch künstliche Be- und Entwässerung stattfinden wird, wenn das in den Boden gelangende Wasser sehr nährstoffarm, der Boden selbst aber sehr reich an löslichen Stoffen sein wird. Die künstliche Bewässerung ist somit ein zweischneidig Schwert. Ob sie Nutzen oder Schaden bringt, entscheiden die lokalen Verhältnisse, zunächst die Beschaffenheit des Berieselungswassers im Verhältniß zu den Bodennährstoffen und der größere oder geringere Niederschlag der Sinkstoffe aus dem zugeführten Wasser (Ad. Mayer). Lange und eingehend hat sich Heiden mit dieser Absorptionsfrage beschäftigt und endlich folgende Resultate erlangt. Die Nährstoffe der Pflanze werden in zweierlei Weise von den einzelnen Bodenpartikelchen zurückgehalten und zwar entweder durch Flächenanziehung, also mechanisch oder durch einen chemischen Akt. Die chemische Bindung wird vorzugsweise durch die wasserhaltigen Silikate und durch die Humusstoffe des Bodens bewirkt. Die nur mechanisch gebundenen Nährstoffe sind natürlich leicht durch eintretendes Wasser löslich, bieten also zunächst das Material für eine Lösung, welche zwischen den Bodenpartikelchen in der Nähe einer Wurzel sich bei großer Bodenfeuchtigkeit findet. Die chemisch an die Bodentheilchen gebundenen Nährstoffe sind freilich schwerer von Wasser löslich, aber durchaus nicht unlöslich.

So ist das Kalium im Boden in Form von wasserhaltigen Kieselsäureverbindungen (Zeolithen) oder als humussaures Salz vorhanden und in diesen Gestalten sehr schwer löslich; diese Salze erfahren durch die Kohlensäure des Bodens oder durch Gips und manche andere Salze eine Umsetzung und werden dann als kohlensaure oder schwefelsaure Salze, am liebsten aber als Chlorverbindungen, aufgenommen. Das Ammoniak, diese wichtige Stickstoffverbindung, sammt der Mehrzahl seiner verschiedenen Salze (mit Ausnahme der salpetersauren Verbindung) dürfte wahrscheinlich nur von sehr wenigen Wurzeln unserer Kulturpflanzen aufgenommen werden, obgleich Ammoniaksalze für Hefe und andere Pilze bestimmt mit

Vortheil als Nahrungsmittel dienen können[1]). Das Ammoniak erleidet theilweise im Boden bald eine Oxydation zu Salpetersäure und wird dadurch in die für die Pflanzen passende Aufnahmeform übergeführt. Die Salpetersäure geht dann theilweise an Kali, Ammoniak oder Kalk und bildet mit ihnen die sehr leicht löslichen Salze, von denen ein Theil in kürzester Zeit durch die verwesenden organischen Substanzen zu salpetrigsauren Salzen reduzirt wird.

Das Natrium, das wahrscheinlich nur für einige Pflanzen nothwendiger Nährstoff ist, bietet der Boden meist in Form von Kochsalz dar, dessen zweiter Bestandtheil, das für die Löslichmachung der Stärke erforderliche Chlor gleichzeitig von der Pflanze verwendet wird. Der zur Bindung überschüssiger Säuren und zur Festigung der Zellwände nothwendig scheinende Kalk und die mit den Eiweißkörpern in Beziehung gebrachte Magnesia existiren im Boden als kohlensaure, humussaure, phosphorsaure und kieselsaure Salze; als solche sind sie aber wenig zur Pflanzennahrung tauglich wegen ihrer geringen Löslichkeit, die erst eintritt, wenn ihre Säuren durch andere, wie z. B. Schwefelsäure, ersetzt werden oder, wie bei den kohlensauren und phosphorsauren Salzen, ein kohlensäurehaltiges Wasser mit ihnen in Berührung kommt. Das zum kräftigen Ergrünen der Blätter unerläßliche Eisen liebt die Pflanze als phosphorsaures Eisenoxyd. Von den Säuren, die hier in Betracht kommen, dürfte die Kieselsäure in der Form von kieselsaurem Kali und Natron in die Pflanze eintreten; diese beiden Basen bilden aber auch mit Schwefelsäure aufnehmbare, wenn auch für die Dauer wahrscheinlich nicht immer zusagende Verbindungen. Der Schwefel erscheint von hervorragender Bedeutung, da er als constituirender Bestandtheil der Eiweißkörper anzusehen ist. Das passendste Salz für Einführung der Schwefelsäure möchte der schwefelsaure Kalk (Gips) sein. Die, wie die Magnesia ebenfalls mit den Eiweißstoffen vermuthlich in Verbindung stehende Phosphorsäure ist im Boden in der Regel in nicht leicht löslichen Verbindungen als phosphorsaurer Kalk, phosphorsaures Eisenoxyd, phosphorsaure Thonerde und phosphorsaure Ammon-Magnesia enthalten. Für das Kalksalz wird kohlensäurehaltiges Wasser des Bodens schon genügen, dasselbe leicht löslich zu machen; dagegen dürften für die anderen Salze das kohlensaure Kali oder Natron, die aus den Zeolithen durch Einwirkung der Kohlensäure hervorgegangen, erforderlich sein, um denselben die Phosphorsäure zu entziehen und in aufnehmbare Verbindungen überzuführen.

Die in passender Aufnahmeform gedachten mineralischen Pflanzennährstoffe werden nun an die einzelnen Bodentheilchen so lange gebunden sein, als in den Bodenzwischenräumen sich Luft befindet. Bei reichlicher Bewässerung würde das

---

1) Karsten (Vegetationsorgane der Palmen, p. 130) beobachtete die Aufnahme von kohlensaurem Ammoniak durch die Wurzeln von Palmen.

Ville (citirt in Mayer's Agrikulturchemie, p. 171) giebt Chlorammon, schwefelsaures, phosphorsaures und salpetersaures Ammoniak als Verbindungen an, welche von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden.

einsickernde Wasser einen großen Theil der leicht löslichen Salze in sich aufnehmen und in dieser Lösung die Wurzel umgeben; die schwer löslichen werden dagegen größtentheils an die Bodenpartikelchen gebunden bleiben. Es frägt sich nun, auf welche Weise diese in Wasser schwer löslichen Nährstoffe in die Wurzeln gelangen. Zur Beantwortung dieser Frage ist an einige rein physikalische Prozesse zunächst zu erinnern, von denen der wichtigste eine Art der Diffusion, die Membrandiffusion oder Osmose ist. Wir wissen, daß zwei Flüssigkeiten, die durch eine Haut von einander getrennt sind, dennoch durch diese Haut mit einander in Berührung treten. Wenn eine Blase mit Zuckerlösung in ein Gefäß mit reinem Wasser aufgehängt wird, ist das Wasser des Gefäßes nach einiger Zeit süß. Denken wir uns an Stelle des Zuckers ein lösliches Kalksalz, etwa salpetersauren Kalk, in der Blase und bringen in das Gefäß ein wenig Kleesalzlösung, so beginnt nach kurzer Zeit sich ein Niederschlag von sauerkleesaurem (oxalsaurem) Kalk zu bilden, während Salpetersäure frei wird. Dieser Vorgang ist höchstwahrscheinlich in Wirklichkeit in der lebendigen Pflanze vorhanden (Emmerling). Wenn in der Blase mehrere Salze und außerhalb derselben im Gefäß ebenfalls eine Anzahl verschiedener Salze sich befinden, so bewegen sich die beiden Salzgemische so lange durch die Haut hindurch gegen einander hin, bis innerhalb und außerhalb der Blase jeder Tropfen Flüssigkeit dieselbe Quantität sämmtlicher Salze besitzt, bis also die Flüssigkeiten durch die Membran hindurch sich ausgeglichen haben.

Wenn wir an Stelle der Blase eine Zelle der Wurzelmütze (Fig. XI, a) setzen, die in einen mit Bodenlösung gefüllten Hohlraum des Erdbodens hineinragt, so haben wir im Innern der Zelle den Zellsaft, der außer organischen Stoffen eine sehr schwache Lösung verschiedener Mineralnährstoffe enthält und außerhalb der Zelle eine abweichend zusammengesetzte Bodenlösung.

Der Diffusionsprozeß wird sich durch die Zellmembran sofort einleiten. Angenommen, in der Bodenlösung befände sich Kali in der Form, wie es nach einer Düngung mit Holzasche in den Boden gelangt. Dieses kohlensaure Kali diffundirt in die an Kali arme Wurzelzelle a. Wenn sich nun die Wurzelzelle b in demselben Kalibedürfniß zu a befindet, wie letztere vorher zur Bodenlösung, so kann Zelle b ihr Bedürfniß nur von a aus decken; sie wird dadurch, daß sie der Zelle a den Nährstoff entzieht, diese selbst wieder kaliärmer und dadurch gleichzeitig wieder aufnahmefähig für das Kali der Bodenlösung machen. So stört also eine höhere Zelle das Gleichgewicht in der Stoffvertheilung bei den darunter liegenden Zellen, die sich mit der umgebenden Bodenlösung immer wieder in's Gleichgewicht zu setzen suchen. Aber selbst, wenn keine Bodenlösung mehr vorhanden, d. h. wenn der Boden so trocken wird, daß seine kleinsten Interstitien kein tropfbar flüssiges Wasser enthalten, wird die Wurzel noch Nährstoffe aufnehmen können, wobei die durch ihr schnelles Wachsthum ausgezeichneten Wurzelhaare besonders günstig wirken. Den Vorgang der Stoffaufnahme durch ein Wurzelhaar ohne direkte Mitwirkung von Bodenwasser hat Zöller durch einen einfachen Versuch erläutert. Der Ver=

suchsansteller füllte eine Glasröhre mit reinem Wasser, welches durch einige Tropfen Salz- oder Essigsäure angesäuert war. Die vollständig gefüllte Röhre wurde mit Blase überbunden, so daß der Wasserspiegel die Blase berührte. Auf die der Luft zugekehrte Außenseite der Blase wurde etwas trockner, phosphorsaurer Kalk gestreut. Nach kurzer Zeit ließen sich in dem Wasser der Röhre Phosphorsäure und Kalk nachweisen. Es trat also Wasser durch die feinen, für uns nicht wahrnehmbaren Interstitien der Blase hindurch, löste das Kalksalz auf und die Lösung diffundirte in die Röhre zurück.

Der mit Blase überbundene Cylinder gleicht hier dem Wurzelhaar, das (Fig. XI, H) eine Röhre darstellt, deren ganze Wandung aus durchdringbarer Substanz gebildet ist. Wo also ein Theil des an die Bodenpartikelchen sich dicht anschmiegenden Wurzelhaares mit Nährstoffen in Verbindung kommt, wird der saure Zellsaft seine lösende Wirkung ausüben und der gelöste Nährstoff in das Innere diffundiren. Daß der Inhalt der Wurzelzellen in der That sauer ist, zeigt schon der Umstand, daß schon bei dem Zerquetschen einer Wurzel die Kohlensäurereaktion deutlich hervortritt; ebenso ist die Ausscheidung von Kohlensäure durch die Wurzeln mehrfach beobachtet. Wahrscheinlich sind im Innern der Wurzelhaare noch andere, organische Säuren vorhanden, die auch ausgeschieden werden. (Heiden beobachtete das Ausscheiden von Essigsäure durch die Wurzeln der Gerste[1].)

Gemäß den physikalischen Gesetzen durchdringt der saure Zellsaft die Membran des Wurzelhaares und greift z. B. den in Wasser unlöslichen kohlensauren Kalk, der vielleicht zufällig in der Form von Marmorstückchen im Boden enthalten ist, an. Zunächst füllen sich die kleinsten Zwischenräume der äußersten Schichten der Zellhaut mit einer Lösung von doppelt kohlensaurem Kalk. Diese hochconcentrirte Lösung sucht sich nun mit der noch kalkfreien Flüssigkeit der Interstitien von den innern Schichten der Zellwand dauernd in's Gleichgewicht zu setzen, was nicht möglich ist, so lange der die Zelle gänzlich anfüllende Inhalt nicht ebenfalls sich mit der Kalklösung gesättigt hat. Ist nun erst die eine Epidermiszelle, welche das Wurzelhaar bildet, kalkreicher als die anstoßende darunterliegende Rindenzelle, so wird auch jetzt wieder das Gleichgewicht durch den Kalkbedarf der Umgebung gestört und es tritt somit das Kalksalz dieselbe Wanderung nach dem Innern der Wurzel an, wie dies oben bei dem Kali besprochen worden.

Als Vorbedingung für die Diffusion ist das Durchtränken der Membran nothwendig. Dieser Vorgang der Durchtränkung einer scheinbar dichten, lückenlosen

---

1) Düngerlehre 1866, Bd. I. S. 307.

Möglicherweise spielt die Oxalsäure auch eine Rolle bei der Stofflösung; Knop (Chem. Centralbl. 1872, S. 172) weist eine Zersetzung von Flechtensäuren durch starke Basen in Oxalsäure oder Kohlensäure und eine neue organische Säure nach und erklärt durch die entstandene Oxalsäure die Löslichmachung der Thonerde und Eisenoxyd, welche der Flechtenthallus aufnimmt.

Masse wird verständlich durch folgende Betrachtung. Jedes organische Gebilde, sowie jeder chemisch zusammengesetzte Körper überhaupt ist aus einzelnen kleinsten Theilen zusammengesetzt, welche vermöge der ihnen innewohnenden Anziehungskräfte mehr oder minder fest an einander haften. Ein nicht mehr ohne Verlust seiner charakteristischen Eigenschaften spaltbarer Theil eines zusammengesetzten Körpers heißt Molekül. Jedes einzelne Molekül besteht aus einer gewissen Anzahl kleinster Theile der jetzt für einfach geltenden Stoffe, der Elemente; der nicht weiter zerlegbare Theil eines solchen Grundstoffs wird Atom genannt. Eine genau bestimmte Anzahl Atome mehrerer Elemente kann in einer genau bestimmten Lagerung sich zu einem Ganzen verbinden. Der kleinste Theil solcher Verbindung von Atomen stellt eben ein Molekül irgend eines zusammengesetzten Körpers dar. Alle Atome eines Elementes denkt man sich gleich groß und gleich schwer; die Atome verschiedener Elemente haben ein verschiedenes Gewicht, das vermuthlich proportional ihrer Größe ist (Traube), und sie verbinden sich auch mit einander nur unter ganz bestimmten Gewichtsverhältnissen, so daß jedes Element ein genau bestimmtes Mischungsgewicht besitzt. Nach diesen feststehenden Verbindungsgewichten treten die Atome in bestimmter Lagerung zur Bildung irgend eines Moleküls zusammen. Ein Wechsel in der Lagerung der Atome innerhalb eines Moleküls bedingt ebenso gut eine Veränderung der chemischen und physikalischen Eigenschaften eines Körpers, d. h. macht ebenso gut einen andern, wenn auch nahe verwandten Körper daraus, wie ein Wechsel in den das Molekül constituirenden Elementen. So treten z. B. zur Bildung eines Moleküls Stärke 6 Atome Kohlenstoff mit 10 Atomen Wasserstoff und 5 Atomen Sauerstoff zusammen. Der in seinen Eigenschaften abweichende Zellstoff (Cellulose) besteht aber ebenfalls aus $C^6H^{10}O^5$ und wir können bei der chemisch gleichen Zusammensetzung beider Stoffe ihre abweichenden Eigenschaften nur durch die verschiedene Lage erklären, welche innerhalb eines Moleküls die gleiche Anzahl Atome bei jedem dieser Stoffe angenommen hat.

Die einzelnen Moleküle, aus denen die organischen Körper bestehen, müssen wir uns mit einer Wasserzone umgeben denken, welche durch die Anziehungskraft des Moleküls zum Wasser festgehalten wird; das Molekül selbst ist für Wasser undurchdringbar. Die Moleküle liegen also nicht dicht auf einander und gestatten in den zwischen ihnen liegenden Räumen (Molekularinterstitien) eine Einlagerung von Wasser, dessen Menge zunächst von der Kraft jedes einzelnen Substanzmoleküls abhängig ist, eine größere oder geringere Wasserzone um sich festzuhalten. Solche Wassereinlagerung zwischen die Moleküle einer Substanz nennt man Imbibition; von der wir gesehen, daß sie Vorbedingung für die Diffusionsvorgänge ist. Was von der Anziehung des Moleküls zum Wasser gesagt ist, gilt natürlich auch von allen andern festen und flüssigen Stoffen. Die Anziehung eines gewissen Moleküls, z. B. eines Zellstoffmoleküls wird für die verschiedenen Stoffe eine sehr verschiedene sein und es wird nun von der Anziehungskraft der Moleküle anderer Substanzen der Umgebung abhängen, nach welcher Richtung sich der angezogene Stoff bewegt.

Er wird an dasjenige Molekül gehen, das ihn am stärksten anzieht. Wenn daher bei den Experimenten über Membrandiffusion das Resultat beobachtet wird, daß sich zwei Lösungen von Stoffen durch die Membran hindurch ausgleichen, so setzt dies voraus, daß die Anziehung jedes einzelnen Theilchens der Lösung auf einer Seite der Membran zu den einzelnen Theilchen der Lösung auf der andern Seite dieser trennenden Haut größer ist, als die Anziehung der einzelnen Hautmoleküle zu irgend einem der umgebenden Stoffe. Wäre dies nicht der Fall, wäre die Hautanziehung für irgend einen Stoff stärker, als die der Lösung auf der andern Seite, dann bliebe dieser Stoff in der Membran zurück. In jeder Lösung, welche mit einer andern durch eine permeable (durchtränkbare) Membran in Verbindung, ist aber jeder einzelne gelöste Stoff in seiner Beziehung zur Diffusion durchaus selbstständig. Es diffundirt also nicht die Lösung als Ganzes, sondern jeder einzelne Stoff für sich nach dem Maaße der Anziehung, welche zunächst die Membran und dann die jenseit derselben gelegenen Stoffe auf ihn ausüben.

Wenn die Membran eine Zellhaut ist, so wird nach der verschiedenen Anziehung, welche die Cellulosemoleküle und sodann der Zellinhalt auf die einzelnen Stoffe der die Zelle umgebenden Lösung ausüben, gleichzeitig von dem einen Stoffe der Lösung viel in die Zelle eintreten, von dem andern wenig. Man sagt, die Körper sind in verschiedenem Maaße diffusibel. So citirt Schumacher[1]) eine Beobachtung von Graham, wonach Eiweiß die geringste Diffusibilität hat; sie ist viermal schwächer als die des Arabins und zwanzigmal schwächer als die der Schwefelsäure. Es können also 20 Theile Schwefelsäure durch die Zellwand hindurchtreten, während ein Theil Eiweiß durchgeht, in dem Falle, daß die Zellmembran sich ganz indifferent gegen beide Stoffe verhielte. Dies ist aber z. B. bei einer Collodiummembran (Schießbaumwolle in Aether) gegenüber manchen Farbstoffen nicht der Fall. Umgekehrt nehmen andere Stoffe, z. B. Arabingallerte, nach Schumacher[2]) aus einer Lakmuslösung zwar Wasser auf und quellen in Folge dessen stark, nehmen aber keinen Farbstoff auf, den eine Collodiummembran, die einen mit Wasser gefüllten, in Lakmustinktur hängenden Cylinder verschloß, sehr stark aufnahm, ohne ihn in das Wasser des Cylinders hindurchtreten zu lassen. Aehnlich wie die Arabingallerte verhält sich das lebende Protoplasma und wie hier die Collodiumhaut verhalten sich manche Zellhäute, die häufig stark gefärbt sind, ohne ihren Farbstoff in das Zellinnere abzugeben.

Die Erklärung der Erscheinung, daß ein Stoff durch eine Membran nicht diffundirt, wird, unserer Anschauungsweise gemäß, darin zu finden sein, daß entweder, wie oben gesagt, die Anziehung der Membranmoleküle zu diesem Stoffe stärker ist, als die auf der andern Seite der Membran befindliche Lösung und dann wird dieser Stoff (z. B. ein Farbstoff) in der Membran aufgespeichert werden

---

1) Physik der Pflanze 1867, S. 85.
2) A. a. O. S. 103.

oder aber darin, daß die kleinen Zwischenräume (die Molekularinterstitien) der Membran zu klein und eng sind, um ein Farbstoffmolekül aufzunehmen. Im letzteren Falle wird sich auch innerhalb der Membran kein Farbstoff ablagern können. Wie eine solche Membran, deren Interstitien kleiner sind, als die der obenerwähnten Collodiumhaut, werden sich auch viele andere Stoffe verhalten können, so z. B. die obige Gummi(Arabin)gallerte. Die Interstitien derselben sind zwar groß genug, um die Wassermoleküle hindurchzulassen, aber zu klein für die Lakmusmoleküle, die deshalb nicht aufgenommen werden. Durch die Untersuchungen von Graham hat sich das Gesetz ergeben, daß durch Membranen, welche aus unkrystallisirbaren (amorphen) Stoffen bestehen, andere amorphe Stoffe (Colloide genannt) nicht diffundiren können. So kann durch eine porenlose Leim-, Gummi- oder Eiweißhaut keiner dieser Stoffe diffundiren. Die entgegenstehenden Wahrnehmungen beruhen darauf, daß solche Membranen Löcher gehabt haben (Traube). Dieser Umstand zeigt, daß die Membran einer Pflanzenzelle fähig ist, einen Stoff in das Zellinnere eintreten zu lassen, während ein anderer in der äußeren Lösung zurückbleibt. Ja dies Scheidungsvermögen einer Membran kann durch diesen Umstand so weit gehen, namentlich, wenn es durch die Anziehung der Stoffe des Zellinhalts energisch unterstützt wird, daß einzelne Bestandtheile der die Membran umspielenden Lösung aus der chemischen Verbindung, in der sie bisher außerhalb der Zelle gewesen, gerissen werden und in die Zelle diffundiren, während der andere Bestandtheil des Salzes außerhalb verbleiben muß. Diese Ueberwindung der chemischen Anziehung ist von wesentlicher Bedeutung. Bei der Diffusion von Alaun z. B. trennen sich nach Graham das schwefelsaure Kali, welches schneller diffundirt, von der schwefelsauren Thonerde; ebenso trennt sich zweifach schwefelsaures Kali in einfach schwefelsaures Kali und Schwefelsäure. Nach den von Sachs, Stohmann und Knop (1860) gemachten Erfahrungen werden saure Lösungen von Pflanzennährstoffen bei Wasserkulturen häufig, wenn sie nicht erneuert werden, alkalisch und der Pflanze schädlich, weil von manchen Salzen, z. B. salpetersaurem Kali, die Pflanzenwurzeln mehr Säure aufnehmen und mehr Basis zurücklassen.

Die Diffusionsvorgänge sind aber auch noch in ganz anderer Weise geeignet, uns Aufschlüsse über das Pflanzenleben zu geben. Durch die geistreichen, schönen Experimente von Traube[1]) erhalten wir einen Einblick, in welcher Weise wir uns die Entstehung und das Wachsthum der einzelnen Zelle zu denken haben. Traube machte sich künstliche Zellen, die innerhalb weniger Stunden sich vergrößerten und die verschiedensten Gestalten annahmen. Er ging von der Annahme aus, daß der wesentlichste Inhaltsstoff der jugendlichen Zelle, das Protoplasma, in einer dünnen Schicht an seinem äußersten Umfange erhärtet und dadurch eine ringsum geschlossene Membran bildet. Diese Membran wächst durch Intussusception d. h.

1) Reicherts und du Bois-Reymonds Archiv 1867, S. 87—165.

durch Einlagerung neu sich bildender Membranmoleküle zwischen die älteren schon erhärteten, fertig gebildeten. Wenn die Zellmembran aus dem Protoplasma sich bildet, so muß ihr Wachsthum dadurch hervorgerufen werden, daß die einzelnen Membranmoleküle durch irgend eine Kraft allmälig so weit auseinander gerückt werden, daß neue Protoplasmamoleküle sich einschieben können und diese letzteren müssen in dem Augenblicke ihrer Einschiebung zur Membransubstanz umgewandelt werden.

Da das Protoplasma im Innern der Zelle nicht erhärtet, sondern nur die nach außen hin tretenden Moleküle, so mußte die Ursache dieser Erhärtung in dem Zusammentreffen mit der Umgebung zu suchen sein. Solche Umstände treten ein, wenn man einen Tropfen eines in Wasser gelösten Körpers A in die wässrige Lösung eines Colloids (nicht krystallisirbare Substanz) B bringt, welches mit A eine unlösliche Verbindung eingeht. Es umkleidet sich dann der Tropfen A sofort mit einem unlöslichen amorphen Ueberzuge, der nun jede weitere Einwirkung zwischen der Flüssigkeit A im Innern der entstandenen Membran und der umgebenden Flüssigkeit B aufhebt. Wir haben dann eine der organischen Zelle analoge physikalische Zelle, bei der sofort Diffusionserscheinungen eintreten können, wenn der Tropfen A concentrirter als die umgebende Flüssigkeit B war. Diffusion ist ja nichts weiter, als das Streben von Molekülen, die sich in leicht beweglicher Form befinden, nach Ausgleichung ihrer Anziehungen. Jedes Molekül übt eine Anziehung auf die festen, im Lösungsmittel (Wasser) befindlichen Moleküle anderer Substanzen und gleichzeitig eine Anziehung auf das Lösungsmittel selbst aus. Wenn nun die gelösten Stoffe im Innern der physikalischen Zelle und die in der umgebenden Flüssigkeit diesem Ausgleichungsstreben darum nicht folgen können, weil sie die Zellwand nicht durchdringen können, das Wasser dagegen durch die Molekularinterstitien der Zellwand hindurch kann, dann wird dieses letztere allein dem Ausgleichungsstreben folgen und zu der concentrirteren Lösung im Zellinnern dringen, bis beide Lösungen gleiche Concentration haben. Wenn aber im Tropfen A der Zellinhalt mehr Wasser zugeführt erhält, so wird er einen größeren Raum beanspruchen; er wird *wachsen* und die ihn umschließende Membran von innen pressen und auszudehnen suchen. Dadurch werden die Moleküle, die die Membran zusammensetzen, immer weiter aus einander gepreßt und von einander entfernt und die zwischen ihnen befindlichen Hohlräume (die Molekularinterstitien) endlich so groß, daß nun ein neues Substanzmolekül des Tropfens A sich hineinschieben kann. In dem Augenblick, wo dieses Substanzmolekül von A in die Membran eintritt, kommt es mit der umspülenden Flüssigkeit B in Berührung, bildet also auch sofort wieder die unlösliche Verbindung, aus der die übrige Membran besteht, wird also selbst zur Membran und verstopft somit die Lücke, welche durch den Druck des Zellinhalts in der übermäßig ausgedehnten Wand entstanden ist. Dadurch ist die Zellwand, obgleich jetzt viel größer, wieder so dicht, wie vor Beginn des Diffusionsstromes, der hier als in die Zelle hineingehender, als endosmotischer Strom, als *Endos*-

mose bezeichnet wird. Somit ist die Zellwand durch Zwischenlagerung, durch Intussusception, gewachsen.

Alle diese Voraussetzungen wurden durch die Versuche bestätigt. Traube nahm einen reinen Leim (Gelatine) zur Herstellung seines Tropfens, der sich mit einer Haut umkleiden sollte. Der Leim wurde 31 Stunden lang gekocht, wodurch er seine Fähigkeit, beim Erkalten zu gerinnen und die damit verbundene gallertartige Beschaffenheit verlor, da dieselbe sich als hinderlich für die Versuche herausstellte. Aus zahlreichen Vorversuchen hatte sich nämlich ergeben, daß die Leimmoleküle um so schneller und mehr Wasser anziehen, also eine um so größere „endosmotische Kraft" besitzen, je mehr die Cohäsion zwischen den einzelnen Leimmolekülen aufgehoben, mithin die gallertartige Beschaffenheit vernichtet war. Zur Darstellung der Zellen wurde das Ende eines Glasstabes in eine erwärmte, sehr concentrirte, beim Erkalten erstarrende Lösung von so präparirtem Leim gebracht und der herausgehobene Tropfen nach einem mehrstündigen Trocknen an der Luft in eine Gerbsäurelösung getaucht, so daß die sich bildende Zelle senkrecht am Glasstab herabhing. Die Gerbsäure war nur schwach, da sich in stark concentrirter Lösung schon bei gewöhnlicher Temperatur, mehr noch aber in der Wärme der Leim löste, ebenso wie sich die Gerbsäure in sehr concentrirtem Leim löste. Bei einer 1,6—1,8 proc. Gerbsäure hob sich nach wenigen Minuten eine prall gespannte, glashelle, kugelrunde, glänzende Membran von gerbsaurem Leim von dem Leimtropfen am Glasstab ab. In einer mehr als 5 proc. Gerbsäure bildeten sich schlaffe Säcke, die von ihrem Inhalt nicht mehr ausgefüllt waren und von ihm keine Spannung mehr erlitten; außerdem spielten letztere Membranen in schönen Regenbogenfarben, was bei den straffen Zellen nicht der Fall war und was darauf hindeutet, daß die Membran solch schlaffer Zellen dünner ist. Weitere Versuche zeigten, daß aber auch schlaffe Zellen mit sehr dünnen Membranen entstehen, wenn beide Lösungen sehr verdünnt sind; daraus geht hervor, daß nur straffe, kuglige, dickwandige Zellen gebildet werden, wenn die Differenz in der Concentration der innern und äußeren Flüssigkeit eine bedeutende ist und dies erklärt sich aus der Intensität des endosmotischen Stromes. Das Ausgleichungsstreben der verschiedenen Anziehungen der Moleküle zum Wasser ist um so heftiger, je concentrirter und somit wasserbedürftiger die eine Flüssigkeit ist. Je größer somit die Intensität des endosmotischen Stromes, um so größer ist die Anzahl der zu einer Membran gerinnenden Molekülschichten, d. h. desto dicker ist die Membran.

Die Beweiskraft, daß der hier beobachtete Vorgang einer Membranbildung durch chemische Fällung auch in der lebenden Pflanze vorkommen kann, liegt aber vorzugsweise in den weitern Beobachtungen Traube's, daß nicht blos die beiden hier verwendeten Stoffe, Leim und Gerbsäure solche Membranen zu bilden im Stande sind, sondern die verschiedensten Substanzen als Membranbildner (Membranogene) auftreten können. Nicht nur zwei Colloide gaben mit einander in der Berührungsfläche Membranen, sondern auch ein Colloid, wie z. B. Gerbsäure

mit einem krystallisirbaren Stoffe, dem neutralen oder basisch essigsauren Bleioxyd und essigsauren Kupferoxyd, ja auch zwei Krystalloide sind im Stande mit einander Membranen zu bilden. Eine 7,7 proc. Lösung von essigsaurem Kupferoxyd wurde durch ein Glasröhrchen mit Quetschhahn in vielen Tropfen in eine Ferrocyankaliumlösung (Blutlaugensalz) von 2,3 proc. Gehalt gebracht. Alsbald trat aus dem Röhrchen eine gespannte Zelle hervor, die sich vergrößerte und dabei mit zahlreichen, hohlen, stachligen, mit dem Innern der Zelle communicirenden Auswüchsen sich bedeckte.

An diese, die Zellentstehung durch Bildung einer allseitig geschlossenen Membran erklärenden, aus zahlreichen Versuchen hervorgegangenen Thatsachen schließen sich Beobachtungen über die Formbildung von physikalischen Zellen, die eine sehr schöne Erläuterung für die Formbildung der organischen Zelle geben. Die oben beschriebenen straffen Leimzellen nämlich änderten im Laufe des Versuchs ihre Gestalt; sie blieben nur kugelig oder elliptisch, so lange an der Glasstabspitze, um die sich die Zelle gebildet, noch ungelöster Leim sich befand. Hatte sich der ursprüngliche Leimkern zu einer concentrirten Lösung innerhalb der Zelle aufgelöst, und begann diese nun concentrirtere Flüssigkeit ein wenig von der Membran (gerbsauren Leimes) zu lösen, so begann der vorher klare Zellinhalt sich von oben herab zu trüben, dadurch, daß sich im Innern der Zelle gerbsaurer Leim ausschied. Fast gleichzeitig mit der im oberen Theil der Zelle eintretenden Trübung begann dieser Theil in Regenbogenfarben zu spielen und aufwärts gerichtete Wülste zu bilden. Weiterhin hörte die Spannung in der Zelle, die nun zu einem birnenförmigen, langen, schlaffen Sacke wurde, auf, der Sack senkte sich zu Boden und bildete eine halbkugelige, an Größe noch zunehmende Blase, deren Inhalt allmälig wieder klar durch Niederschlagen des gerbsauren Leims auf die Wandung wurde.

Die Erklärung für diesen Formenwechsel liegt in der zunehmenden endosmotischen Verdünnung des Zellinhalts. Sobald der Leimkern, der bis dahin den Zellinhalt in gleichbleibender Concentration erhalten hat, gelöst ist, sammeln sich die durch weitere Endosmose verdünnten, spezifisch leichteren Leimschichten im oberen Zellenraum an. Da sich aber mit der abnehmenden Differenz in der Concentration der innern und äußeren Lösung eine dünnere Membran bildet, so muß durch den Druck des immer noch anschwellenden Zellinhalts auf die Wandung deren oberer Theil mehr gedehnt werden. In Folge dessen wächst die Zelle in die oben geschilderten Wülste aus. Hier ist also jetzt der Ort des intensivsten Wachsthums, der stärksten Intussusception. Im untern Theil der Zelle, wohin vermöge ihrer Schwere die concentrirtesten Inhaltsschichten sinken, ist die größte Concentrationsdifferenz, mithin das energischeste Einströmen von Wasser durch die Membran, die stärkste Endosmose. So sehen wir durch den Einfluß der Schwerkraft auf den Zellinhalt bei völliger Ruhe ein Spitzenwachsthum der Zelle bedingt.

Sicherlich werden in der lebenden Pflanzenzelle noch andere Ursachen zu Concentrationsdifferenzen des Zellinhalts, zu stellenweiser Verdünnung der Membran,

und dadurch hervorgerufenem einseitigen Wachsthum derselben mitwirken; aber immerhin zeigen die Versuche an diesen physikalischen Zellen einen der Faktoren, wodurch eine Zelle in verschiedenen Gestalten auswachsen kann. Ein solcher weiterer Faktor für einseitigds Zellenwachsthum scheint nach Traube auch das Licht mit seinen Wärmestrahlen zu sein; denn derselbe nahm bei seinen Leimzellen und anderen künstlichen Zellen wahr, daß die dem Lichte zugekehrte Seite fast jedesmal eine deutlich bemerkbare Ausstülpung zeigte.

Die zahlreichen Versuche gestatten aber auch noch in weiterer Hinsicht einen Einblick in die physikalischen Vorgänge, welche bei der lebenden Zelle in Wirksamkeit treten. Bisher sind die Resultate erwähnt worden, die sich aus den Versuchen betreffs Bildung und Ausbildung der Membran in ihrer Abhängigkeit vom Zellinhalt ergeben haben; es ist jetzt erforderlich, darauf hinzuweisen, wie die entstandene Zellmembran selbst den Zellinhalt beeinflußt. Aus dem Umstande, daß in die Leimzellen keine Gerbsäure hineindiffundirt, so wenig wie Leim durch die Membran nach außen getreten, ergiebt sich, daß die Wandung keine so großen Molekularinterstitien besitzt, um dem Molekül der einen Lösung den Durchgang zur andern Lösung zu gestatten. Anders verhält sich die Sache, wenn eine solche Membran nun mit anderen Stoffen in Berührung kommt; es ist dann nur erforderlich, daß die Membran selbst nicht durch überwiegende Anziehung einen dritten Stoff festhält und daß die Moleküle dieses dritten Stoffes kleiner sind als die Membraninterstitien, um denselben in die Zelle hinein oder aus derselben heraus diffundiren zu lassen.

Letzterer Vorgang wurde experimentell dadurch erwiesen, daß zur Leimlösung als dritter Körper eine Salzlösung gebracht und diese Mischung als Tropfen im Ende eines Glasröhrchens mit Quetschhahn in eine Lösung von 3,5 proc. Gerbsäure gesenkt wurde. Die Mündung des Quetschhahnröhrchens überzog sich alsbald mit einem Häutchen von gerbsaurem Leim. Die spätere Untersuchung der umgebenden Gerbsäure zeigte häufig den dritten der Leimlösung beigemengt gewesenen Stoff. Aus dem Vorhandensein dieses Stoffes in der äußern Lösung ließ sich schließen, daß derselbe durch die Membran diffundirt sei. Auf diese Weise fand Traube, daß durch eine Haut von gerbsaurem Leim diffundirt war z. B. Chlorammonium (Salmiak), schwefelsaures Ammoniak, freie Schwefelsäure und außer Wasser auch salpetersaurer Baryt; dagegen war eine leicht krystallisirbare Substanz, das Ferrocyankalium, nicht diffundirt. Wurde statt der obigen Membran eine Haut von Ferrocyankupfer angewendet, so konnten der salpetersaure Baryt und das schwefelsaure Ammoniak nicht diffundiren, ebensowenig konnten dies Chlorbarium, Chlorcalcium und schwefelsaures Kali, wohl aber Wasser und Chlorkalium.

Hierdurch wird uns klar, wie die organische Zellwand gleichsam zum Filter werden kann, das nur noch bestimmte Stoffe aus der Umgebung in das Zellinnere gelangen läßt. Dieses Filter, wissen wir, ändert im Laufe der Vegetation seine

Constitution. Aus der stickstoffhaltigen jugendlichen Zellwand sahen wir in einem früheren Capitel die stärkere Cellulosemembran und aus dieser eine verholzte Zellmembran hervorgehen. Daß mit der Aenderung des Filters auch die Leistung desselben eine andere wird, beweist Traube ebenfalls an seinen künstlichen Zellen, indem er die Durchdringbarkeit derselben durch Niederschläge verminderte, die sich in den ursprünglichen Membraninterstitien absetzten, also durch Infiltration der ursprünglichen Membran mit einem dritten Stoff.

Von den mehrfach nach dieser Richtung hin angestellten Versuchen sei nur einer als Beispiel erwähnt. Ein Quetschhahnröhrchen zur Hälfte gefüllt mit ca. 0,5 Cc. einer Lösung von 16 Proc. Leim, 1 Proc. schwefelsaurem Ammoniak und 3,3 Proc. Chlorammonium, wurde in ca. 5 Cc. einer Lösung von 2,8 Proc. Gerbsäure und 1,2 Proc. salpetersaurem Baryt eingesetzt. Das Röhrchen schloß sich durch eine schwach trübe Membran. Nach 13 Stunden hatte sich durch endosmotische Ausdehnung der innern Lösung eine große, an der Mündung des Röhrchens hängende Zelle gebildet, während die früher trübe Membran im Verlaufe des Wachsthums fast krystallklar wurde. Die Lösungen zu beiden Seiten der Membran waren klar geblieben, was beweist, daß weder schwefelsaures Ammon zum Chlorbarium, noch dieses zu jenem diffundirt war. Die äußere Lösung aber ließ mit Silbersolution einen bedeutenden Chlorgehalt erkennen, während man nur noch Spuren von Chlorammon, aber reichlich schwefelsaures Ammoniak im Innern der Zelle nachweisen konnte. Es war demnach durch die mit schwefelsaurem Baryt infiltrirte Membran keine Spur von schwefelsaurem Ammoniak, dagegen fast das gesammte Chlorammonium in die äußere Lösung übergegangen, so daß die infiltrirte Membran also auf rein mechanischem Wege eine fast vollständige Trennung beider Salze bewirkt hatte.

Es bleibt schließlich noch ein Punkt zur Erwähnung. Das ist der Einfluß, den der veränderte Zellinhalt auf die Stärke des endosmotischen Stromes ausübt. Es ist bereits oben gezeigt worden, wie die verschiedene Concentration bestimmend für die Stärke des eintretenden Wasserstromes wirkt; es kommen jetzt noch einige andere Momente hinzu. Setzte man nämlich zum Zellinhalt (hier zum Leim) einen andern, für die Membranbildung vollkommen indifferenten Körper hinzu, z. B. Traubenzucker, so wurden die Leimzellen in 4 bis 6 Stunden viel mal größer (bis 25 Mm. Durchmesser) als in unvermischtem Leim. Die durch den Traubenzucker ungewöhnlich gesteigerte Endosmose hatte dabei endlich zur Folge, daß der Inhalt der Zelle spezifisch leichter wurde, als die umgebende Gerbsäure und dadurch in der Lösung in die Höhe stieg. Aehnlich verhielt sich die Leimkugel bei Zusatz von Säuren, wie Weinsäure, Essigsäure u. s. w. und endlich auch schon durch Erhöhung der Temperatur.

Solche Zucker- und Säurebildung kommt sicherlich in der organischen Zelle vor und ebenso sicher werden die an der physikalischen Zelle beobachteten endosmotischen Veränderungen vor sich gehen.

Wir haben durch diese einfachen und doch so bedeutungsvollen Experimente eine Vorstellung von einem wichtigen Theile der Lebenserscheinungen der Pflanzenzelle gewonnen und zwar gerade von denjenigen, welche für den vorliegenden Zweck der Erklärung der Wurzelthätigkeit am wesentlichsten sind. Was von der einzelnen Zelle gilt, bezieht sich natürlich auch auf einen ganzen Zellencomplex, für ein ganzes Organ. So wissen wir aus der Erfahrung, daß z. B. Wärme die Stoffaufnahme der Wurzel beschleunigt. Es wird ferner die schon von Saussure gemachte Beobachtung verständlicher werden, daß die Pflanzenwurzeln reichlicher Wasser im Verhältniß zu den gelösten Salzen aufnehmen, so daß die zurückbleibende Lösung concentrirter wird. W. Wolff beobachtete diese Vorgänge genauer und fand, daß, wenn die Salzlösung, welche den Wurzeln geboten wird, concentrirter ist, als $^1/_4$ Proc. (auf 100 Theile Wasser mehr als 0,25 Theile Salz kommen), allerdings die Pflanzen mehr Wasser als im Verhältniß Salz aufnehmen; daß aber bei sehr schwach concentrirten Lösungen das Gegentheil stattfindet. So kann aus einer Salzlösung das ganze Salz mit der Hälfte des Lösungswassers aufgenommen werden und es bleibt dann reines Wasser zurück. Die chemische Zusammensetzung des Inhalts der Zellen der Wurzelmütze und der Wurzelhaare wird zunächst ein ganz bestimmtes Verhältniß für das Eintreten der einzelnen Pflanzennährstoffe bedingen; es wird von dem einen Nährstoffe sehr viel, von dem andern sehr wenig eintreten und es ist dabei durchaus nicht erforderlich, daß dafür Stoffe aus der Zelle austreten. Die organisirten colloiden Stoffe haben, wie die physikalischen Versuche nachgewiesen, überhaupt nicht die Fähigkeit, durch die colloide Zellmembran hindurchzudringen und die krystallisirenden Stoffe werden großentheils sofort in andere Verbindungen übergeführt werden, die nicht mehr durchgangsfähig sind oder aber stärker von den benachbarten Zellen im Innern des Pflanzentheils angezogen werden und demgemäß dorthin wandern. Ein Vorgang, der in der Pflanze stattfindet, kann für die sofortige Ueberführung eines in löslicher Form eingetretenen Körpers in eine unlösliche Verbindung als Beispiel angeführt werden. In sehr vielen Zellen ist Oxalsäure wahrscheinlich in der Form eines Salzes vorhanden, dessen Basis verbraucht wird. Zur Bindung der frei werdenden Oxalsäure tritt der in löslichem Zustande einwandernde Kalk in die Zelle und schlägt sich krystallinisch in scharf ausgeprägten Formen nieder, ist also überhaupt nicht mehr diffusibel. Andere von der Wurzel aufgenommene Mineralsubstanzen werden sofort zur Bildung organischer Verbindungen verbraucht. Es herrscht dabei ein ganz bestimmtes Verhältniß zwischen den gesammten mineralischen Bestandtheilen und der durch ihre Vermittlung erzeugten Trockensubstanz.

Die Pflanze bildet überhaupt nur soviel organische Substanz, als der in geringster Menge vorhandene Nährstoff erlaubt. Ist z. B. Schwefelsäure der Pflanze in geringster Menge geboten, so bildet sie nur gerade soviel organische Substanz als SO^3 dazu vorhanden ist; alle übrigen Nährstoffe kann sie zwar in großem Maaße aufnehmen, aber nicht verarbeiten; sie lagert dieselben als unnütz

in ihrem Körper ab. Diese Schwefelsäure wird sie nun aber aus den verschiedensten Salzen des Bodens zu ziehen suchen, die entweder allein oder durch Vermittlung andrer Salze aufnehmbar sind. Ist die Basis, an welche die Schwefelsäure gebunden, ein für die Pflanze schädlicher Stoff, so wandert derselbe trotzdem mit in die Pflanze hinein. Auf diese Weise kann sich die Pflanze selbst vergiften. Wenn man Roggen oder Weizen mit stärkerer Kupfervitriollösung zu lange beizt, so wird nicht immer die Keimkraft sogleich getödtet. Die Pflanze keimt und entwickelt 2—3 Blätter; dieselben sind aber nicht normal, sondern kurz, breit, spröde, reißen bisweilen in der Längsrichtung ein und krümmen sich nach unten. Große Pflanzen habe ich daraus nicht erziehen können.

Die Aufnahme solcher, für das Pflanzenleben direkt schädlicher Stoffe zeigt aber gleichzeitig, daß die Pflanze kein Wahlvermögen besitzt. Die Praxis glaubte ein Wahlvermögen darin zu sehen, daß an nahrungsreichen Stellen im Boden die Wurzelentwicklung eine sehr üppige ist. Die Wurzel sucht aber nicht solche Stellen von vornherein auf, sondern sie entwickelt sich, dort einmal angelangt, nur viel kräftiger, weil die reichlichere Stoffzufuhr eine größere örtliche Thätigkeit und dadurch vermehrte Neubildung von Organen hervorruft. Experimentell ist dies an einer Reihe von Versuchen durch Nobbe nachgewiesen worden, der lange Cylinder mit bald sehr nahrhaften, bald an Nährstoffen armen Bodenschichten füllte und nun fand, daß in ersteren Schichten die Wurzelentwicklung eine sehr reiche geworden.

Die reichlich aufgenommene Bodennahrung wird nicht blos in der Entwicklung der Wurzel ihren Ausdruck finden, sondern auch eine kräftigere Ernährung des Stammes bedingen. Zur Leitung der aufgenommenen Bodenlösung dienen natürlich sämmtliche Gewebeformen. Zunächst wird die Imbibition, also die Anziehung der einzelnen Moleküle fester Körper zum Wasser dabei zu berücksichtigen sein. Vermöge dieser Kraft sind alle Zell- und Gefäßwandungen, selbst die solcher Zellen, deren Inhalt nur noch Luft ist, mit Wasser oder Nährstofflösung durchtränkt. Durch die Diffusion, also im Allgemeinen durch die Anziehung löslicher Körper zum Wasser werden die im Zellinnern eingeschlossenen Stoffe mit einander in Verbindung treten. Den schnellsten Transport werden aber die langen Röhren, die in continuirlicher Verbindung mit einander den erwachsenen Pflanzenkörper durchziehen, die Gefäße, in einem gewissen Alter übernehmen können.

Da aber die Gefäße erst hinter der jungen Wurzelspitze beginnen und im unverletzten Organ nirgend mit der Bodenlösung direkt in Berührung treten, so bleibt noch die Frage zu erörtern, auf welche Weise die von den Wurzelzellen aufgenommene Lösung in die Gefäße gelangt und in denselben den oberirdischen Pflanzentheilen zugeführt werden kann.

Stellen wir uns ein Gefäß vor, das von einer Anzahl Zellen allseitig umgeben ist. Jede dieser Zellen enthält Protoplasma und noch einen Colloidstoff, etwa Gummi, das begierig eine große Menge Wasser aufzusaugen im Stande ist.

Dieses Wasser werden die Zellen direkt oder durch Vermittlung anderer dem Boden zu entziehen bestrebt sein.

In diesem Bestreben des colloiden Zellinhalts soll, so nehmen wir an, zunächst keine Störung seiner Wasseraufnahme durch die umgebenden Zellen eintreten; in diesem Falle muß dann ein Zeitpunkt kommen, in welchem die Saugkraft des Protoplasma und des Gummi, die endosmotische Anziehung, zwar nicht befriedigt ist, aber dadurch aufgehalten wird, daß die Zellwand nicht mehr Wasser fassen kann. Das in die Zelle aufgenommene Wasser übt einen allseitig gleichmäßigen Druck auf die Zellwand und spannt dieselbe, soviel wie irgend möglich. Wir haben jetzt den Zustand der möglichst gespannten Leimzelle in den Traube'schen Versuchen.

Die angespannte Zellhaut übt auf den Zellinhalt einen ebenso großen Gegendruck aus. Würde die Anziehungskraft des Zellinhalts zum Wasser außerhalb größer sein, als der Widerstand, den die Zellhaut zu leisten im Stande ist, so muß, wenn die Zellwand überall gleich stark ist, dieselbe platzen. Ist sie aber nicht an allen Seiten gleich gebaut und gleich dick, so wird an der schwächsten Stelle Wasser aus der Zelle herausgepreßt werden. Die wasserbegierigen Stoffe des Zellinhalts werden stets aufsaugen und die bis auf's äußerste gespannte Zellhaut wird stets Wasser an ihrer dünnsten Stelle hinauspressen. Diesen Vorgang müssen wir auch bei den Zellen der Wurzel annehmen. Die schwächste Stelle der Zellwand wird dann der Theil sein, welcher an das Gefäß grenzt, von dem wir wissen, daß es porös verdünnte Wandungen besitzt und daß seine Poren auch verdünnten Stellen der angrenzenden Zellhaut entsprechen. Die andern Theile der Zellwand sind besser situirt. Da, wo sie an andere, ebenso strotzende (turgescente) Zellen grenzen, hilft der Druck der Nachbarzellen und die stark imbibirte, in ihrem Ausdehnungsstreben aber behinderte, an Stelle der Intercellularräume häufig auftretende, Zwischenzellsubstanz den Gegendruck verstärken; die Außenfläche der Zellwand aber, die mit dem Wasser oder der Luft in den Bodenräumen in Berührung steht, ist, wenn auch oft sehr wenig, immer verkorkt, cuticularisirt, also viel resistenter.

Demnach muß die so gebaute Zellwand das Wasser zur schwächsten Stelle, nämlich in das Gefäß hinauspressen und zwar mit um so größerer Kraft hinauspressen, je begieriger der Zellinhalt Wasser endosmotisch eintreten macht.

Sachs hat nach dem Vorbilde von Hofmeister einen sehr einfachen Apparat construirt, der diesen Theil der Zellenarbeit sehr anschaulich darstellt. In ein kurzes weites Glasrohr (Fig. XII, gg), das an einem Ende mit Blase (a) fest verbunden, wurde Gummischleim eingefüllt (Z) und darauf das vordere Ende mit Pergamentpapier (b) verbunden. Ueber dieses vordere Ende wurde eine Kautschoukkappe (k), deren Spitze ein enges Glasrohr (r) enthielt, gestülpt und nun der ganze Apparat in Wasser gelegt. Der Gummischleim sog begierig Wasser durch die Schweinsblase an. Der Druck, den die immer wasserreicher werdende Gummi=

lösung auf ihre Wandungen ausübte, wurde endlich so groß, daß der Widerstand der schwächsten Wandung, des Pergamentpapiers, besiegt wurde und durch dasselbe Wasser in die Röhre diffundirte. Der Cylinder mit Gummilösung ist die Wurzelzelle, die dünne Glasröhre stellt das Gefäß vor. In dem angeführten Versuche war die Filtrationsfläche des Pergamentpapiers 700 □ Mm. groß; das senkrechte Rohr hatte einen Durchmesser von 5 Mm. und die binnen 24—48 Stunden hineinfiltrirte Flüssigkeit bildete in demselben eine Säule von 10—12 Centimeter.

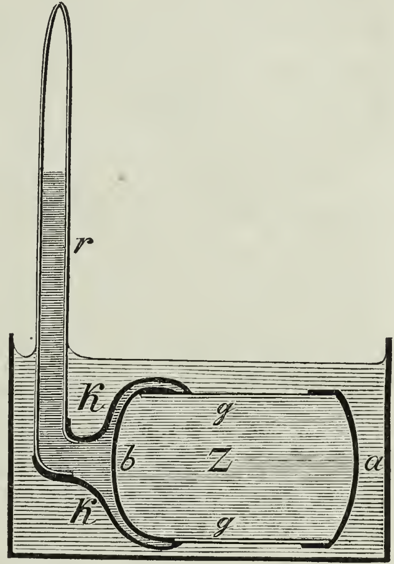


Fig. XII.

Wenn man bedenkt, daß in der Regel 4—6 solcher Zellen in einem Querschnitt das Gefäß umgeben, daß in der ganzen Länge eines Gefäßes hunderte von Zellen demselben anliegen, die alle mehr oder minder in demselben Sinne arbeiten, so wird man ermessen können, daß unter Umständen der Druck außerordentlich groß sein kann, mit dem das Wasser innerhalb der Gefäße in die Höhe getrieben werden kann. Dieser Wurzeldruck wird dadurch meßbar, daß man auf den nahe an der Wurzel abgeschnittenen Stamm ein Glasrohr fest aufbindet. Man sieht dann in der Glasröhre den Saft je nach der Verschiedenheit der Pflanzen von einigen Zollen bis zu 30 und mehr Fuß hoch steigen (Weinstock).

B. Stamm und Blatt.

Schon bei Besprechung des Baues einer Wurzel wurde auf die Uebereinstimmung desselben mit dem Stammbau hingewiesen. Die Gewebesonderung des Stengels, der oberirdischen Achse, in ein Hautsystem, Rinden- und Strangsystem mit dem Markkörper läßt sich deutlich bis in die jüngste Stengelspitze hinauf verfolgen, deren Zellen das Urmeristem darstellen. Die Ausbildung der einzelnen Gewebezonen begründet die Unterschiede zwischen Stamm und Wurzel. Bei letzterer findet sich als charakteristisches Merkmal die Wucherung des Hautsystems an der Spitze zu einer Wurzelmütze. Bei dem beblätterten Stamme findet sich allerdings die jüngste Spitze auch geschützt. Die schützenden Organe entstehen hier aber nicht aus der Hautschicht (Dermatogen), sondern aus dem Periblem, der jungen Rinde. Es zeigt nämlich die Entwicklungsgeschichte einer oberirdischen beblätterten Achse, gleichviel ob Hauptstamm oder Zweig, daß unmittelbar unterhalb des Scheitels der Achse einzelne Zellgruppen des späteren Rindengewebes zu kleinen Hügeln sich

vermehren, die alsbald die eigentliche Zweigspitze überragen, sich flächenförmig ausbreiten, sich über den Achsenscheitel wölbend krümmen und nun als Blätter deutlich erkennbar sind. An unterirdischen Zweigen, wie den zu Knollen anschwellenden Tragfäden der Kartoffel, bleiben diese Blattanlagen schuppenförmig (Fig. VII, i).

In diesem Sinne lassen sich also zunächst alle Blätter der Pflanzen als Rindenfortsätze des Stengels betrachten, als seitliche Anhangsgebilde von verschiedener Größe, Form, Struktur und Lebensdauer. Das, wenn auch nicht durchgreifende, so doch für die Mehrzahl der Fälle gültige, gemeinsame Merkmal aller dieser Anhangsgebilde ist ihre meist flächenförmige Ausbreitung und grüne Farbe.

Nur in Rücksicht auf ihr flächenförmiges, nach zwei Richtungen des Raumes vorwiegend ausgebildetes Wachsthum ist es möglich einen Unterschied zwischen Stamm und Blatt, zwischen Achse und Anhangsorgan festzuhalten. Zu trennen bei der Betrachtung sind aber beide Gebilde nicht, da die Fälle nicht sehr selten sind, wo Stengel Blattnatur und die Blattstiele die Struktur des Stengels annehmen. Es ist daher gestattet, die Blätter als zu bestimmten fortlaufenden Arbeitszwecken differenzirte Rindenabzweigungen zu betrachten.

Das junge Blatt zeigt zunächst in der Mitte, später an den Seiten die Gefäßbündel, die als Rippen bezeichnet werden und deren Verlauf sich in den Stamm hinein verfolgen läßt. Im Stamm biegen sie sich merklich winkelig nach unten, gehen 2 bis mehrere Internodien abwärts, um sich an die älteren Gefäßbündelstränge, welche von den früher gebildeten älteren Blättern kommen, entweder einfach oder nach vorhergegangener Spaltung anzulegen. Auf diese Weise verbinden sich eigentlich die Gefäßbündel oder Blattspurstränge der ganzen Pflanze unter einander. Immer die oberen, jüngeren verlaufen zwischen den älteren und zwar immer in ziemlich gleicher Entfernung von der Rinde, so daß die einzelnen Blattspurstränge auf dem Querschnitt des Stengels kreisförmig geordnet erscheinen. Die seitliche Vereinigung der einzelnen Gefäßbündelstränge macht sie auf dem Querschnitt zu einem zusammenhängenden Ringe verschmelzen, der den Holzring darstellt. Bei den einsamenlappigen Pflanzen wie bei den Gräsern, kraut- und baumartigen Lilien und Palmen ist der Verlauf der Blattspurstränge und deren Vereinigung zu einem Holzcylinder in so fern von dem hier an der Kartoffel (Fig. VIII) dargelegten, für alle dicotylen Kulturpflanzen im Allgemeinen maßgebenden Baue abweichend, als die einzelnen aus den Blättern kommenden Gefäßbündel bei ihrem Eintritt in den Stamm nicht alsbald winkelig sich biegen, um in geringer, stets ziemlich gleicher Entfernung von der Stammperipherie sich an die älteren Stränge anzulegen; die Gefäßbündel der Monocotyledonen gehen bei ihrem Eintritt in den Stamm erst im weiten Bogen durch den Markkörper, um sich dann allerdings auch an die älteren Stränge im Umkreise des Stammes anzulegen und eine Art Holzring bilden zu helfen.

In Folge dessen zeigt sich der Querschnitt durch einen monocotylen Stengel (z. B. Mais) wesentlich anders gestaltet. Die zerstreuten dunklen Punkte auf der hellen Schnittfläche sind die isolirten Blattspurstränge, die nach innen zu von einander mehr entfernt, nach außen zu dichter an einander gelagert erscheinen, ohne jemals mit einander zu verschmelzen. Der Holzring besteht also hier aus zwar dicht an einander gestellten, aber doch immer für sich isolirt bleibenden Strängen. Jeder Strang, jedes Gefäßbündel besitzt in seinem Innern nur für kurze Zeit jenes fortbildungsfähige Gewebe, das bei den zweisamenlappigen Pflanzen durch die gegenseitige Verbindung den steten Neubildungsheerd für die den Stamm verdickenden Elemente, das Cambium (Fig. IX, C) bildet. Die Stammverdickung der Monocotyledonen entsteht außerhalb der primären Blattspurstränge oder Gefäßbündel aus einem Theile der schon ausgebildeten Rindenzellen; in diesen tritt eine Neubildung von Zellen auf, so daß eine neue Meristemzone, ein Folgemeristem, gebildet wird, das sich in Gefäßbündel und ein dieselben trennendes prosenchymatisches Dauergewebe umwandelt. Diese neugebildeten Stränge bleiben im Stamm, sind also „stammeigne“ Gefäßbündel und bilden so einen Verdickungsring, der sich durch Erneuerung des Vorganges nach außen hin immer vergrößert. Bei den dicotylen Pflanzen entstehen die überwiegend meisten stammverdickenden Elemente aus dem zwischen Holz- und Basttheil liegenden Cambium, das einen jährlich zu erneuter Thätigkeit erwachenden Cylindermantel im Stamminnern bildet und nach seiner Holzseite hin in neue Holzzellen und Gefäße, nach der Rindenseite hin in Siebröhren und ächte Bastzellen sich umwandelt.

Wenn oben gesagt worden, daß die von den Blättern in den Stamm absteigenden Gefäßbündelstränge durch Vereinigung den primären Holzring der jungen Achse bilden, so liegt darin eine Ungenauigkeit, da auch das zwischen den Strängen liegende Gewebe (zwischen H K und H K in Fig. VIII) in die Elemente des Fibrovasalstranges, in Holztheil, Cambium und Basttheil sich umbildet, mit den entsprechenden Theilen des sich vergrößernden primären Fibrovasalstranges verschmilzt und erst dadurch jenen geschlossenen Ring gleichgebauter Zellelemente hervorbringt, welche wir im Stammquerschnitt mit dem Namen Holzring (Fig. IX, H K), Cambiumring (Fig. IX, C C) und Bastring (Fig. IX, B B) bezeichnen. In solchem Querschnitt lassen sich dann die ursprünglichen Blattspur- oder Fibrovasalstränge nur daran erkennen, daß sie etwas weiter in den Markkörper hineinreichen, als die sie verbindende Holzmasse, so daß das Mark dadurch einen sternförmigen Umkreis erhält. Diese in das Mark vorspringenden Theile der primären Gefäßbündel heißen Markkrone oder Markscheide. Bei manchen Pflanzenfamilien, wie z. B. bei den Nachtschattengewächsen (Solanaceen) und den Kürbispflanzen (Cucurbitaceen), findet sich in der Markkrone der Fibrovasalstränge noch ein zweiter Bastkörper (Fig. IX, B^2), grade entgegengesetzt dem Basttheil (Phloem) in der Rinde. Wahrscheinlich bilden sich überhaupt noch später, nachdem der Cambiumring seine Thätigkeit bereits begonnen, in der Markkrone neue Holzelemente aus oder es ver-

holzen die Bastelemente, weil man bei manchen Pflanzen im einjährigen Stamm ein sehr großes Mark findet, das bei mehrjährigen Stämmen kleiner geworden ist

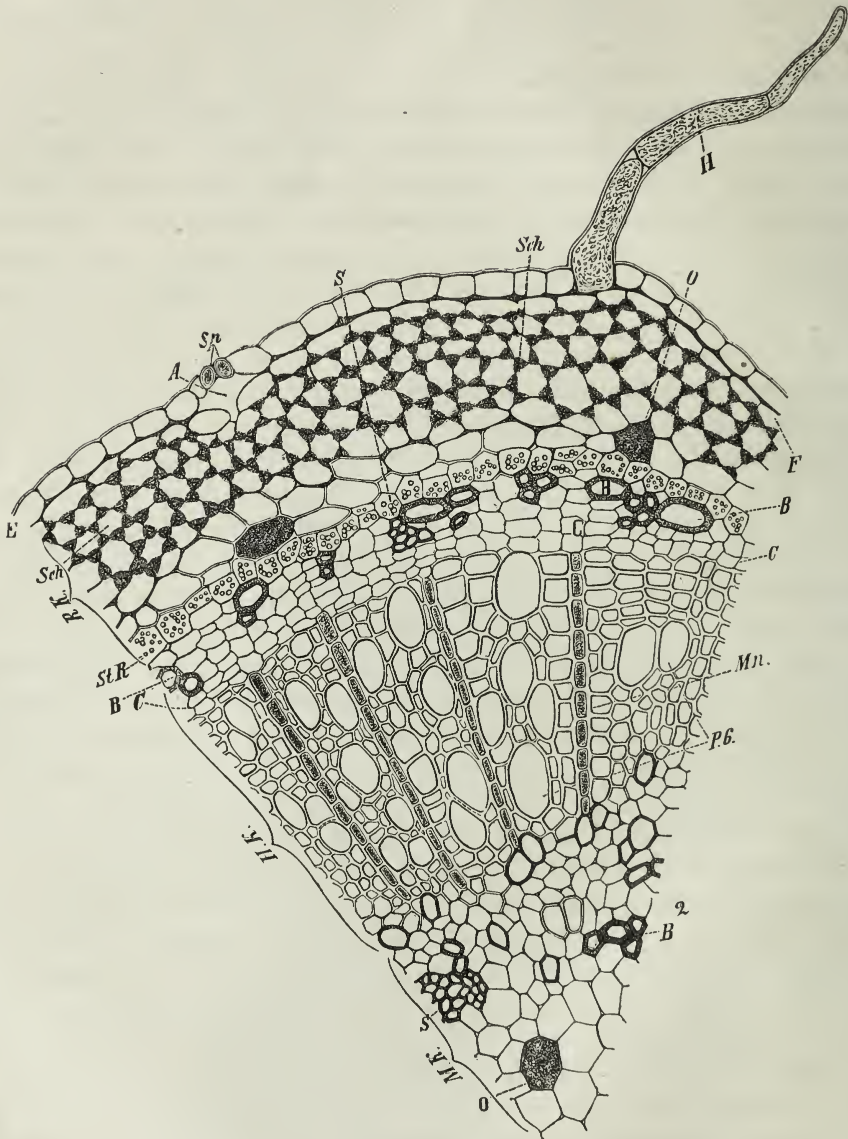


Fig. IX.

(Sanio). Analog der Markkrone hat Nägeli die Bastelemente der primären Gefäßbündel, welche in die Rinde hineinreichen, als Rindenkrone oder Rinden-

scheide zusammengefaßt. Die Zellelemente der Mark- und Rindenkrone sind bedeutend länger, als die später gebildeten. In der Markscheide finden sich diejenigen Gefäße, welche bei neu sich bildenden Gefäßbündeln zuerst entstehen, die Schraubengefäße und die, wohl meist durch Zerreißung des Schraubenbandes entstandenen Ringgefäße; dagegen entstehen bei der späteren Holzbildung kurze poröse, getüpfelte und netzförmig verdickte Gefäße. Ein ähnlicher Unterschied zwischen erstgebildeten und später entstandenen Elementen ruft die Jahresringbildung unserer Bäume hervor. Es zeigt sich abwechselnd ein heller Ring von Frühjahrsholz und ein dunkler von Herbstholz. Das Frühjahrsholz besitzt weite Holzzellen von fast quadratischem Querschnitt und dünnerer Wandung; die Gefäße sind zahlreicher und weiter; die ganze Textur ist eine lockere im Verhältniß zum braunen Herbstholz, welches aus dickwandigeren, in der Richtung der Tangente gestreckten und mit engerem Innenraum versehenen Holzzellen besteht. Für diesen periodischen Wechsel der Holzbildung bei unsern Bäumen giebt Sachs eine Erklärung, die von de Vries[1]) experimentell bestätigt worden ist und in Folgendem besteht. Der Stamm ist von einer starken Borkenschicht eingeschlossen; dieselbe wirkt wie ein zusammenschnürender Mantel auf den innern Theil des Stammes, welcher durch seine stets sich vermehrenden Holz- und Bastlagen sich auszudehnen sucht. Die mehr oder minder todte Borke giebt das ganze Jahr hindurch langsam und allmälig nach, indem sie durch abwechselndes Naßwerden und Austrocknen aufreißt. In der Vegetationsruhe, zur Winterszeit reißt die Borke ebenfalls, vielleicht durch die Wirkungen des Frostes noch mehr, als im Sommer. Das Ausdehnungsstreben des Stammes ist aber in dieser Zeit geringer, weil keine Neubildungen auftreten. Somit vermindert sich der zusammenschnürende Einfluß für die im Frühjahr entstehenden Neubildungen, die in kurzer Zeit reichlich aus der vorhandenen Reservenahrung bei starker Wasserzufuhr durch die Wurzel in der Form weiterer und dünnwandigerer Holzzellen entstehen. Dieselben haben zunächst in der Richtung des Stammradius mehr Raum, sich auszudehnen; denn der Druck, den die Borke ausübt, ist durch das Reißen derselben während des Winters geringer geworden. Der Druck verstärkt sich aber in dem Grade, als die Stammverdickung durch das Frühjahrsholz größer wird, wie die Lockerung des Borkenmantels durch weiteres Aufreißen. Dadurch hat aber das Herbstholz, das sich langsamer bildet und weniger Wasser in der Sommerzeit zugeführt erhält, in der Richtung des Radius weniger Raum, sich auszudehnen. Die zur Bildung des Holzes bestimmten Nahrungsstoffe werden derart verarbeitet, daß die geringere Anzahl neu entstandener Holzzellen ihre Wandung stärker verdickt.

Von dem Rindendruck erscheint somit die Ausbildung der Jahresringe abhängig, wenn man die Temperatur und den Nährstoffvorrath unberücksichtigt läßt.

---

1) Flora 1872, S. 241.

Daß auch die Wasserzufuhr allein die Vergrößerung der Zellen hervorrufen kann, ist von Kraus und dem Verfasser durch direkte Messungen erwiesen worden.

Specieller auf die anatomischen Abweichungen im Bau der einzelnen Stämme bei verschiedenen Pflanzenfamilien einzugehen, ist Sache eines botanischen Lehrbuches. Es kann hier nur erwähnt werden, daß die Verschiedenheiten sehr groß sind, daß z. B. manche Stengel dicotyler Pflanzen (Wasserrosen, Nymphäaceen) im Verlauf der Gefäßbündel Aehnlichkeit mit Monocotyledonen haben; daß bei manchen Stengeln zeitweise eine eigenthümlich ausgebildete, äußerlich kenntliche Verzweigung der Gefäßbündel eintritt, wie in den Knoten der Gräser und daß bei großen Pflanzengruppen der Bau des sekundären aus dem Cambiumringe hervorgegangenen Holzkörpers ein anderer ist, als der des primären, wie bei den Coniferen (Nadelhölzern), denen später im Holze alle Gefäße fehlen ꝛc. Für den vorliegenden Zweck, der nur die Darstellung der Lebenserscheinungen der Kulturpflanzen im Allgemeinen im Auge hat, genügt es, festzuhalten, daß der Stamm trotz seiner Gliederung durch die Verbindung der einzelnen Fibrovasalstränge unter einander ein zusammenhängendes Röhren- und Fasersystem darstellt, in welchem die von der Wurzel aufgenommene Nährstofflösung nach dem Verbrauchsheerde geleitet wird.

Diese Verbrauchsheerde sind außer dem Cambiummantel älterer Theile die Knospen, d. h. die Anlagen neuer Achsen. Diese Achsen können zum Blätter tragenden Sproß, zur Blüthe oder zur Wurzel sich entwickeln und demnach eine Laub-, Blüthen- oder Wurzelknospe sein; sie können im normalen Entwicklungsgange des Individuums demselben stets verbunden bleiben oder nach einem bestimmten Zeitraum sich ablösen und ein selbständiges Individuum bilden. Im letzteren Falle sind sie häufig mit Reservenahrung versehen, die ihre erste Entwicklung unterstützt, wie bei den Brutknospen der verschiedenen Zwiebeln. Solche Knospen können an den verschiedensten Organen der Pflanze entstehen, wo sie entweder bald im jugendlichen Zustande des Organs angelegt werden oder auch erst als Adventivknospen an beliebigen Orten eines älteren Organs sich zeigen. Die Mehrzahl der Laubknospen wird mit dem Blatte in der Achsel desselben als kleiner Zellenkegel angelegt, tritt jedoch nicht direkt mit dem Gefäßsystem des Blattes in Verbindung.

Das Röhrensystem des Blattkörpers, dessen Verzweigung in der Nervatur, der Aderung, desselben kenntlich ist, steht, wie bereits erwähnt, in direkter Verbindung mit dem Achsenkörper, dem Stamme. Der Raum zwischen den Blattnerven zeigt sich mit sehr seltenen Ausnahmen erfüllt von dem Chlorophyll führenden Parenchym, das man kurz als Diachym bezeichnet, von welchem das chlorophyllführende Gewebe zwischen der obern und untern Epidermis als Mesophyll präcisirt wird. Wie ebenfalls früher bereits gesagt, dehnt sich über die ganze Blattfläche die Epidermis mit ihren Haaren und Spaltöffnungen, welche, in ihrer Vertheilung verschieden, meist an der Spitze des Blattes gehäuft, manchmal in Längsreihen

ziemlich gleichmäßig über die ganze Fläche vertheilt, in andern Fällen gruppenweise vereinigt am Blatte auftreten. Die Spaltöffnungen können als das charakteristische Merkmal für die mit der Luft in Berührung stehenden Organe angesehen werden. Die im Wasser zeitlebens verbleibenden Flächen haben keine oder sehr vereinzelte solcher Vorrichtungen zur Vermittlung des Gasaustausches zwischen Pflanze und Luft. Bei Wasserpflanzen findet der Gasaustausch, der für das Pflanzenleben unentbehrlich ist, durch die geschlossene Membran der Zellen der Oberfläche vorzugsweise auf dem Wege der Diffusion statt. Bei den Landpflanzen tritt dieser Prozeß der Gasaufnahme durch die Oberfläche der Epidermiszellen mehr zurück, da hier die Oberfläche mit der für Flüssigkeiten und Gase sehr schwer durchdringbaren Cuticula überzogen ist. Der als nothwendigste Lebensbedingung für die Zelle anzusehende Verkehr mit der Luft findet in der Weise statt, daß letztere durch die Spaltöffnungen in die großen, unter denselben liegenden Intercellularräume, die Athemhöhlen, eindringt. Dieselben stehen in unmittelbarer Verbindung mit den zwischen den einzelnen Mesophyllzellen befindlichen, kleineren Zwischenzellräumen, aus denen die Zellmembranen und der Zellinhalt ihr Gasbedürfniß befriedigen. Dasselbe besteht sowohl für Kohlensäure, wie für Sauerstoff.

Die Kohlensäure nimmt die grüne Zelle bei Beleuchtung zur Bildung ihrer organischen Substanz unter Vorherrschen des Desoxydationsprozesses auf und giebt dafür Sauerstoff ab. Der in derselben Zelle gleichzeitig stattfindende und im Finstern dominirende Oxydationsprozeß der organischen Substanz beansprucht dagegen den Sauerstoff, der von allen nicht grünen Pflanzentheilen fortwährend in größter Menge aufgenommen wird. Je nachdem in der grünen Zelle der eine oder der andere Prozeß vorherrscht, wird dieselbe bald Kohlensäure aufnehmen und Sauerstoff in den Intercellularraum diffundiren lassen oder umgekehrt den letzteren daraus aufnehmen. Daß auch die innern Theile eines dicken Pflanzenkörpers mit der Luft in steter Berührung stehen, geht daraus hervor, daß ältere Holzzellen und Gefäße nur Luft und zwar (nach Böhm) sauerstoffärmere Luft führen und zum Theil durch offene Poren mit den Zwischenzellräumen in Verbindung stehen, wobei ihre Luftsäulen langsam mit der Außenluft sich auszugleichen suchen.

Neben diesen für die Ernährung wichtigsten Gasen, gleicht sich auch das Wassergas fortwährend, wenn auch langsam aus. Die Zellmembranen im Innern der Blätter sind reichlich mit Wasser durchtränkt. Das Wasser an der Oberfläche der Zellhaut strebt in Dampfform überzugehen; der entstandene Wasserdampf diffundirt aus den engen Intercellularräumen in die Athemhöhlen und von da nach außen: das Blatt verdunstet. Ist die Blattfläche sehr dünn, besteht sie z. B. nur aus einer einzigen Zellschicht, dann genügt die Gasdiffusion durch die äußeren Zellwandungen.[1])

---

1) Die Frage, ob tropfbar flüssiges Wasser vom Blatte aufgenommen wird, ist theoretisch zu bejahen, wenn man sieht, daß Wasser bei dem Besprengen der Blätter auf den größeren

Mit den Spaltöffnungen ist die Betrachtung der wesentlichsten Theile des Wasserhebewerkes in der Pflanze beendet. Durch die Diffusion treten die Nährstoffe, in Wasser gelöst, in die Zellen der Wurzelmütze und Wurzelhaare und werden mannigfach verändert in die Gefäßröhren gepreßt. Die Folge dieses Hineinpressens wird sein, daß dieser rohe Nahrungssaft in den Röhren so weit in die Höhe steigt, bis der Druck der Saftsäule im Gefäß so groß ist, wie der Druck, der den Saft in die Röhre preßt. Solcher Wurzeldruck wird genügen, den Saft aus der Wurzel in die Fibrovasalstränge des Stammes zu pressen; er wird in vielen Fällen sogar hinreichend sein, eine Wassersäule in den Gefäßen bis an die Spitze einer niedrigen Pflanze zu pressen, denn man hat z. B. bei dem Weinstock beobachtet, daß im Frühjahr der Wurzelsaft in einer kurz über den Wurzelhals aufgesetzten Röhre bis 30′ hoch steigen kann. Aber es wird kaum nöthig sein, solche immense Wurzelkraft überall vorauszusetzen, um das Vorhandensein des Wassers in den höchsten Baumspitzen zu erklären. Die Gefäßröhren des Stammes enthalten von ihrem Entstehen an Flüssigkeit, die später durch Luft ersetzt werden kann. Sie werden eine Flüssigkeitssäule in ihrem Innern so lange tragen können, als die einer jeden engen Röhre eigenthümliche Haarröhrchen-Anziehung (die Capillarität), also die Anziehungskraft der Gefäßwände zum Wasser größer ist, als der Zug nach unten, den diese Flüssigkeitssäule vermöge ihrer eignen Schwere hat und der sich als Druck auf die Wassersäule kund thun würde, die das correspondirende Wurzelgefäß enthält und vermöge des sog. Wurzeldruckes hinaufzupressen bestrebt ist. Möglicherweise könnte dieser Fall eintreten, wenn die Wassersäule eines solchen Stammgefäßes eine continuirliche wäre. Dies ist aber nicht der Fall, denn die anatomische Betrachtung zeigt, daß in den Gefäßen zwischen kleinen Flüssigkeitssäulen Luftblasen sich finden. Durch diese Einrichtung kann eine Capillarröhre eine viel größere Wassersäule tragen.

Denkt man sich den Stamm zunächst seiner ganzen Länge nach aus Röhren zusammengesetzt, welche die Eigenschaft haben, Wasser in ihrem Innern zu halten. Diese Röhren sind umgeben von Holzzellen mit wässerigem oder lufthaltigem Inhalt und sehr dicken Wandungen. Die Holzzellen und Gefäße sind durch die Intercellularsubstanz mit einander verkittet. Der so gebaute Holzkörper ist durch die Markstrahlen getheilt.

Die parenchymatisch gebauten Markstrahlzellen, welche den Holzzellen fest anliegen, communiciren mit denselben durch die Poren oder umhöften Poren, welche sich häufig grade an den Berührungsflächen dieser im Bau parenchymatischen Elemente mit den prosenchymatischen des Holzes sehr reichlich finden. Die Markstrahlen münden in die Rinde, sind also die schnellsten und natürlichsten Vermittler

---

Rippen haften bleibt. Bei dieser längeren Berührung wird eine Imbibition der Zellwände stattfinden können, wie aus Hallier's Versuchen mit gefärbten Flüssigkeiten hervorgeht. Eine wesentliche praktische Bedeutung aber möchte diesem Vorgange kaum beizulegen sein.

zwischen dem Holze und dem Rindenkörper mit seinen Anhangsorganen, den Blättern.

Durch diese allseitige Verbindung und Verkittung bildet der oberirdische Pflanzenkörper ein zusammenhängendes System, das für die Erklärung der Wasserbewegung aus der Wurzel einen Augenblick im Gegensatz von dem ähnlichen System der Wurzel gedacht wird, in Wirklichkeit aber die direkte Fortsetzung desselben ist. Das ganze System ist, abgesehen von den Wassersäulen in den Gefäßen und den Zellen, in seinen sämmtlichen Wandungstheilen mit Wasser imbibirt. In diesem System wird dann Ruhe sein, wenn an allen Stellen sich Druck und Gegendruck ausgleichen, d. h. wenn die Anziehungen, die auf jedes Molekül wirken, einander das Gleichgewicht halten.

Dieser Fall ist aber ideal. In der Wirklichkeit finden fortwährend Störungen an einzelnen Stellen des von Wasser durchtränkten Pflanzenleibes statt. Da, abgesehen von den Wassersäulen in den Gefäßen, sämmtliche Formelemente durch ihre mit Wasser getränkten Wandungen in Verbindung stehen, so pflanzt sich jede lokale Störung des Gleichgewichts allmälig über den ganzen Organismus fort.

Wenn die Zellen der jungen Zweige, der aufbrechenden Knospen oder der ausgebildeten Blätter verdunsten, sich also in Betreff ihres Wassergehaltes ins Gleichgewicht mit der Atmosphäre zu setzen suchen, so wird das aus den Molekularinterstitien der Membranen der mit der Luft in Berührung stehenden Zellen entweichende dampfförmige Wasser aus den nächstanstoßenden durch tropfbar flüssiges ersetzt werden und dieser Verlust wird sich, im Systeme immer weiter rückwärts greifend, endlich aus den Wasservorräthen der Gefäße ausgleichen.

Wird die bisher in Ruhe stehende Wassersäule des Stamm-Gefäßes verringert, so wird ihr Druck auf die Wassersäule des mit ihm in Verbindung stehenden Wurzelgefäßes vermindert. In Folge dessen erhält der bis dahin im Gleichgewicht erhaltene Wurzeldruck das Uebergewicht und preßt das fehlende Wasser in das Stammgefäß, während gleichzeitig die Zellen des Wurzelparenchyms neue Wassermengen in das Wurzelgefäß hinauspressen.

So ist die Wasserbewegung in der Pflanze zum geringsten Theile eine Massenbewegung, sondern vorzugsweise eine molekulare, hervorgerufen einerseits durch den rein mechanischen Vorgang der Lostrennung dampfförmig werdenden Wassers aus der Oberfläche der Zellmembranen, andrerseits durch den Wasserverbrauch, den die chemische Arbeitsleistung der Zelle erfordert, denn es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß der in jeder Zelle auch stattfindende Oxydations- und Umwandlungsprozeß der erstgebildeten organischen Substanz auch den Sauerstoff aus dem Wasser beziehen wird, dessen Wasserstoff zu anderweitiger sofortiger Verwendung gelangt. Ist diese Voraussetzung richtig, dann ist Wasser auch wirklicher Pflanzennährstoff, von dessen Menge die Masse der Trockensubstanz abhängig ist, welche jede Pflanze produzirt. Daß bei sonst gleicher Nährstoffmenge die Pflanze mehr Trockensubstanz bei größerer Wasserzufuhr (bis zu einer bestimmten Grenze) bildet, ist durch Hellriegel nach-

gewiesen worden. Diese mehr gebildete Trockensubstanz wird schon durch die Entwicklung der Pflanze, namentlich durch die Vergrößerung der Blätter ausgedrückt, was der Verfasser durch Messungen nachgewiesen.

Mit dem in die Verbrauchsheerde nachrückenden Wasser aber rücken auch leicht diffusible mineralische Nährstoffe nach. Die Blätter, die hier vorzugsweise in Betracht kommen, empfangen somit leicht ihre mineralischen Nährstoffe, die sie in Verbindung mit den Elementen des Wassers und der Kohlensäure zu organischer Substanz verarbeiten. Freilich sind diese Elemente sämmtlich nach bestimmten Gewichtsverhältnissen durch eine starke Kraft, die chemische Anziehung, mit einander verbunden. Eine stärkere Kraft muß sie aus ihren bisherigen Verhältnissen trennen, um sie in die verarbeitungsfähige Form überzuführen. Diese Kraft findet sich in der Aetherbewegung, welche Licht genannt wird.

Unter dem Einfluß des Lichtes wird in der grünen Zelle Kohlensäure zerlegt und während die Kohlenstoffatome mit den Elementen des Wassers zu neuen sauerstoffärmeren Verbindungen zusammentreten, entweicht ein Theil des losgerissenen Sauerstoffs in die Luft. Die neu entstandenen Verbindungen gestalten sich unter Vorgängen, die bis jetzt unbekannt, zu Stärke, Zucker, Holz u. s. w. Alle diese verschiedenen Substanz-Moleküle haben den gemeinsamen Charakter von ihrer Entstehung her an sich: den durch das Licht losgerissenen Sauerstoff sich wieder zuzueignen. Sie werden diesem Streben unmittelbar folgen, sobald sie aus dem organischen Verbande gelöst sind. Langsam und unmerklich vollzieht sich diese Sauerstoffvereinigung bei der Verwesung; schnell unter Wärme- und Lichterscheinung bei dem Vorgange, der gemeinhin als Verbrennung bezeichnet wird. Damit zeigt sich ein Kreislauf der Kraft, die in der Form von Sonnenlicht in der Pflanze verschwand, um als chemische Spannung, als Vereinigungsstreben nach Sauerstoff, in den Atomen der Elemente und den daraus entstandenen organischen Molekülen wieder aufzutreten und endlich, wenn dieses Streben nach Vereinigung mit Sauerstoff in Erfüllung geht, als Licht und Wärme bei der Verbrennung die ursprüngliche Form wieder anzunehmen.

Die wesentlichste Bedeutung des grünen Blattes für den Haushalt der Pflanze liegt also in der Neubildung organischer Substanz. In der grünen Zelle reißt das Licht einen Theil der Sauerstoffatome von der höchst oxydirten Kohlenstoffverbindung, der Kohlensäure und macht dadurch den wesentlichsten Bestandtheil für den Aufbau des Pflanzengerüstes, den Kohlenstoff fähig, zu organischen Verbindungen verwandelt zu werden. Dieser Prozeß der Neubildung organischer Substanz, die sich in den meisten Fällen als Stärke im Innern eines Chlorophyllkorns zu erkennen giebt, stellt den Assimilationsprozeß der Pflanze dar. Hand in Hand mit demselben geht der Stoffwechsel- oder Athmungsprozeß, der in allen Theilen, nicht blos in der grünen Zelle stattfindet. Es ist derjenige Vorgang, der in eine Menge Einzelprozesse zerfallend, den Zweck hat, die in den

Blättern neugebildete Substanz in die verschiedenen Stoffe umzubilden, die in dem Gesammtpflanzenkörper angetroffen werden.

Die Assimilation ist der Reduktionsprozeß, der sich durch die Abgabe von Sauerstoff kenntlich macht. Die Athmung und der sie bedingende Stoffwechsel stellen den langsamen Oxydationsprozeß dar, dessen Endprodukt die Abgabe von Kohlenstoffatomen, die mit Sauerstoff gesättigt sind, von Kohlensäure, ist.

Die Pflanzen athmen also wie die Thiere. Sie verlieren dabei an organischer Substanz, während sie gleichzeitig durch Assimilation solche neu erzeugen. Von dem Uebergewichte des letzteren Vorganges über den ersteren, hängt das Wachsthum des Pflanzenleibes, die Neubildung von Organen ab. Aber die Orte, an denen die Pflanze neue Gewebe erzeugt, sind entfernt von denen, welche die Baustoffe dazu erarbeiten, von den Blättern. Es muß somit die dort erzeugte Pflanzensubstanz nach den Orten, wo sie zu Neubildungen verwendet wird, hinwandern. Auch diese Wanderung, wie die des Wassers, ist molekular, ist vorzugsweise eine osmotische. Solche osmotische Strömung von Zelle zu Zelle setzt voraus, daß die neugebildeten Substanzen in eine diffusible Form gebracht werden und dies übernimmt sicherlich der Chemismus der Pflanze. Der Widerspruch, welcher mit der durch das physikalische Experiment erlangten Erfahrung sich zeigt, daß colloide Stoffe, wie Gummi und Eiweiß nicht fähig sind, durch colloide Membranen wie Zellstoff zu diffundiren, ist nur ein scheinbarer. Es handelt sich nämlich in der Pflanzenzelle nicht um so einfache Verbindungen, wie sie das Experiment benutzt hat.

Die stickstofflosen Stoffe, namentlich die Kohlenhydrate wie die Stärke und Zellstoff, gehen leicht in den höchst diffusibeln Zucker über; die stickstoffhaltigen, namentlich die Eiweißstoffe sind im Stande, chemische Verbindungen einzugehen, deren Diffusibilität außer Frage steht. Wenn z. B. einer der Eiweißstoffe, das Albumin, als solches nicht diffundirt, so wird es wahrscheinlich in einer chemischen Verbindung aus Kali und Albumin, dem Kalialbuminat, leicht von Zelle zu Zelle wandern. In andern Fällen, wie bei den Schmetterlingsblüthlern (Papilionaceae) müssen die Eiweißstoffe in einen stickstoffhaltigen aber kohlenstoffärmeren Körper, das Asparagin, welches leicht diffundirt, übergehen und auf diese Weise nach den Verbrauchsheerden wandern, wo sie zu Eiweißkörpern zurückverwandelt werden (Pfeffer).

Sind die Prozesse, welche die verschiedenen Stoffe wanderungsfähig machen, auch noch nicht bekannt, so ist die Thatsache der Fortbewegung dadurch nicht erschüttert. Ebensowenig ist der Zweck der Fortbewegung fraglich; wohl aber differiren je nach der Pflanzenart Bahn und Zeitdauer dieser Bewegung. Nur bei kurzlebigen Pflanzen ist das Endresultat der Arbeit der Blätter alsbald zu übersehen, indem die Samen mit ihren Reservestoffen für den eingeschlossenen Keimling alsbald gebildet und somit der Zweck der Pflanze, die Bildung neuer geschlechtlich erzeugter Individuen zur Erhaltung der Art schon im ersten Jahr erfüllt wird. In diesem Falle erlischt allmälig die Neubildung vegetativer Organe. Von dem Umkreise des Blattes aus entleeren sich nach und nach die Parenchymzellen,

von allen für das Pflanzenleben werthvollen Stoffen; Eiweißstoffe und Kohlenhydrate und mit ihnen Phosphorsäure und Kali verschwinden großentheils. Die am leichtesten zu beobachtende Stärke ist schließlich nur noch auf die parenchymatischen Zellen, welche als geschlossenen Ring oder Halbring das Gefäßbündel oder doch dessen Basttheil umgeben, auf die sog. Gefäßbündelscheide beschränkt. Endlich ist auch hier die Stärke verschwunden und das Auflösungsprodukt der Kohlenhydrate, die Oxalsäure, in der Form von oxalsaurem Kalk ist an deren Stelle getreten. Hand in Hand mit diesem Aussaugungsprozeß der Blätter geht der denselben veranlassende Reifeprozeß der Samen vorwärts.

Ein etwas andrer Weg der Wanderung der organischen Substanz zeigt sich bei den mehrjährigen Pflanzen. Dann wandern die von den Blättern bereiteten Nahrungsstoffe zunächst in verschiedene, den Winter überdauernde Gewebe, um im nächsten Jahre zur Bildung neuer vegetativer Organe verbraucht zu werden und erst, nachdem sich das vegetative Organ stärker ausgebildet, dienen sie zur Ernährung der geschlechtlich erzeugten reproduktiven Organe, der Samen. Jeder Pflanzentheil kann als Reservestoffbehälter dienen. Bei den Bäumen sind es vorzugsweise die Gewebe der Markstrahlen und des Markkörpers, welche die Kohlenhydrate in Form von Stärke auffspeichern, während im Cambium und den kürzlich aus demselben hervorgegangenen Dauergeweben reichliche Eiweißstoffe überwintern. Bei der Kartoffel dient der angeschwollene Stengeltheil, den wir Knolle nennen, in seiner Gesammtheit als Reservoir der gespeicherten Nährstoffe; bei den Rüben wird dazu der Wurzelkörper, bei den Kohlarten werden die Stengel und Blätter, bei den Zwiebeln die angeschwollenen Blattbasen, die Schuppen, verwendet.

Diese Reservestoffe sind es vorzugsweise, auf deren bestmögliche Ausbildung die Kultur bedacht ist; denn ihre reiche Entwicklung befördert nicht nur den menschlichen Haushalt, der sie in der Form von Stärke aus den Kartoffeln, in der Gestalt von Rohrzucker aus den Zuckerrüben oder als Inulin von den Topinamburknollen verwerthet, sondern auch der Haushalt der Pflanze wird dadurch wesentlich begünstigt, da von dem Reichthum an Reservestoffen die reiche Entwicklung von Blüthe und Frucht abhängig ist.

C. Blüthe und Frucht.

Wenn nun die grünen Pflanzentheile ein oder mehrere Jahre unter Beleuchtung gearbeitet, haben sie, ihrem natürlichen Entwicklungsgesetze gemäß, zur Bildung einer neuen Generation zu schreiten, die durch die Blüthenbildung eingeleitet wird. Die Knospen, welche in den Achseln der ausgebildeten grünen Blattorgane sich zu einem Zweige, der in Form und Funktion eine Wiederholung der Hauptachse, sich entwickeln, werden in den Achseln der höher stehenden, wieder einfach gewordenen, häufig nicht mehr grün gefärbten, bisweilen überhaupt nur noch schuppenförmig ausgebildeten Blätter (Deckblätter, Bracteen) zu Blumen. Die

einzelne Blume ist ein Zweig, dessen Achse verkürzt und dessen seitliche Anhangsorgane, in Form, Farbe und Consistenz geändert, für andere Arbeitsleistungen sich angepaßt haben. Ist die Blume gestielt, dann ist dieselbe als ein Zweig anzusehen, dessen oberer Theil nur verkürzt ist, der die Befruchtungsorgane, Stempel und Staubgefäße, und die unwesentlicheren, theilweis gefärbten Decken, nämlich die Blumenblätter nebst den grünen Kelchblättern trägt. Bisweilen trägt der Blüthenstiel noch 1—2 kleine Blättchen, die dann **Vorblätter** oder Bracteolen genannt werden.

Durch die Verkürzung der Achse sind die Anhangsorgane einander näher gerückt und erscheinen in einzelnen Kreisen angeordnet; demgemäß spricht man von einem Kelchblattkreise (Fig. XIII, k), von Blumenblatt- (Fig. XIII, b), Staubblatt- (Fig. XIII, st) und Fruchtblattkreisen (Fig. XIII, f) oder, wenn man die Gesammtheit der zu Kreisen vereinigten unter einander gleichgebildeten Blattorgane bezeichnen will, spricht man von einem weiblichen Geschlechtsorgan (Gynaeceum), einem männlichen Organ (Androeceum) und einer Blüthenhülle (Perianthium). Eine Blüthenhülle aus unter sich gleichgebildeten Organen, also ohne genügende Differenzirung in Kelch- und Blumenblattwirtel, heißt Perigon.

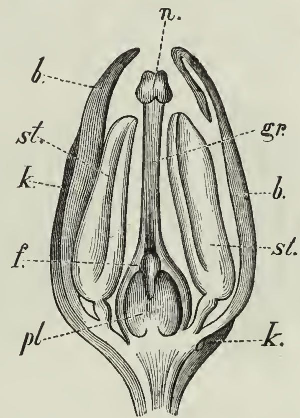


Fig. XIII.
Längsschnitt durch eine Blumenknospe der Kartoffel.

Alle diese verschiedenen Organe entstehen, wie die grünen Blätter als Höcker im jugendlichen Rindengewebe (Periblem) unterhalb der Spitze des in seinem Wachsthum meist stillstehenden Scheitels der Achse. Ihrer Anlage nach gleichen also die Blüthenorgane den Laubblättern; ihre Entwicklung ist eine andere und in ihren Achseln erzeugen sie nur ausnahmsweise wiederum Knospen.

Bei genauerer Betrachtung der einzelnen Blume zeigt sich der äußerste Kreis derselben, der Kelch, in seiner Farbe, bisweilen auch in der Form seiner freien Zipfel, dem Laubblatt ähnlich. Der nach innen folgende Blumenblattkreis erscheint meist gefärbt. Die Zellen des Blumenblattes sind zarter in ihrer Wandung; ihr Inneres ist oft von verschiedenen Farbstoffen ausgefüllt, wobei sich die für die Selbständigkeit der einzelnen Zelle bezeichnende Thatsache ergiebt, daß der Inhalt einer Zelle oft dunkelroth, der einer dicht daranstoßenden aber ungefärbt oder mit andern Farbstoffen tingirt erscheint, ohne daß der Farbstoff einer Zelle in die andere diffundirt. Meist enthalten die Blumenblätter sich verzweigende Gefäßbündel, bisweilen auch während ihrer ganzen Lebensdauer noch Reservestoffe, wie Stärke (bei Ranunkeln). Einzelne Oberhautzellen haben sich zu Spaltöffnungen entwickelt; andere dagegen sind papillenartig verlängert oder zu wirklichen Haaren umgebildet.

Die Ausbildung und Lagerung der Haare und die zwischen denselben liegende Luft bedingen vorzugsweise das bald sammetartige stumpfe, bald glänzende Aussehen der Blumenblätter, die dem unbewaffneten Auge häufig in anderer Farbe erscheinen, als der Farbstoff der einzelnen Zellen schließen läßt; letzteres kommt von der Uebereinanderlagerung verschieden gefärbter Zellen oder von der ungleichen Vertheilung der Farbstoffe in derselben Zellfläche. Bisweilen erscheint eine Varietät von Baum- und Gehölzpflanzen mit blutrothen Laubblättern, während die übrigen Varietäten derselben Art grün sind. Der grüne Farbstoff, die Chlorophyllkörner sind in diesen rothen Pflanzen auch vorhanden; aber sie kommen mit ihrer Farbe nicht zur Geltung, weil ein rother Zellsaft in dem Mesophyll so reichlich entwickelt ist, daß er die grüne Farbe gänzlich verdeckt.

Die Behaarung, die Spaltöffnungen, die dünnen Wandungen der Zellen, die meist geringe Dicke des ganzen Organs, alle diese Punkte weisen darauf hin, daß die Blumenblätter einen schnellen und reichen Verkehr mit der Atmosphäre vollführen und zu raschem Oxydationsprozeß für die organische Substanz bestimmt sind, um dieselbe zum weitern Verbrauch in den Geschlechtsorganen tauglich zu machen.

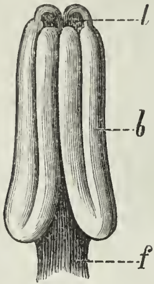


Fig. XIV.
Staubgefäß aus einer Kartoffelblüthe.

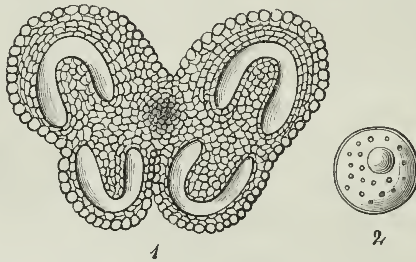


Fig. XV.
1 Querschnitt durch den Staubbeutel.
2 Gequollenes Pollenkorn.

Die männlichen Geschlechtsorgane (Fig. XIII, st, XIV), die Staubgefäße, erinnern im ausgebildeten Zustande nicht mehr an das Laubblatt, so wenig wie an das Blumenblatt, obgleich sie sich selbst leicht in Blumenblätter umwandeln können und ihre Blattnatur unzweifelhaft dokumentiren. Sie bestehen aus zwei Theilen, von denen der untere fadenförmige Theil (Fig. XIV, f) der Staubfaden, der obere (Fig. XIV, b) der Staubbeutel genannt wird. Die Staubbeutel bestehen immer aus einem lockeren Gewebe, das sich in zwei, vier oder mehrere Theile, die Pollensäcke differenzirt, wie ein Querschnitt durch einen Staubbeutel (Fig. XV, 1) erkennen läßt. Bleiben diese Pollensäcke mit einander vereinigt, stellt also der Staubbeutel ein zusammenhängendes Ganze dar, dann erscheinen die einzelnen Pollensäcke als Fächer des Ganzen und der Staubbeutel heißt 2- bis mehrfächerig; in der Regel sind vier Fächer vorhanden. Innerhalb eines jeden solchen Pollensackes entwickelt sich bald eine Thätigkeit, die bei andern Blatttheilen nicht beobachtet wird. Wenn der junge Staubbeutel, der zwar meist später an der Blüthenachse angelegt wird, als das Blumenblatt, aber in seiner Entwicklung demselben häufig voraneilt, sich in die für jedes Pflanzengeschlecht bestimmte Anzahl Fächer oder Pollensäcke getheilt hat, entwickelt sich eine Zellschicht im Innern

des Pollensackes zu einer Reihe gehäuft liegender protoplasmareicher Zellen, die ein anderes Aussehen, als die umgebenden haben. Diese, die Pollenmutterzellen, werden bedeutend größer, ihre Wandung wird stark verdickt, das sie umschließende Fach wird ausgeweitet. Dadurch haben die Pollenmutterzellen Raum, sich weiter auszudehnen und sich, was häufig geschieht, von einander zu trennen. Gleichviel ob dieselben sich jetzt schon von einander trennen oder, noch verbunden mit einander, als gesonderte Gewebekörper in dem Staubbeutelfache auftreten, in beiden Fällen zeigen sich im Innern einer solchen Mutterzelle vier Tochterzellen, die sich zu den eigentlichen Pollenkörnern ausbilden. Während dieser Ausbildung werden die dicken Wandungen der sie umschließenden Mutterzelle zu Schleim aufgelöst, so daß die Tochterzellen, die den befruchtenden Blüthenstaub, den Pollen (Fig. XV, 2) darstellen, zunächst frei in Schleim und nach Verbrauch des Schleimes frei als Staub im Staubbeutelfach (Antherenfach) liegen. Das Gewebe des den Pollen umschließenden Antherenfaches hat sich unterdeß ebenfalls weiter entwickelt; man unterscheidet eine Epidermis mit Spaltöffnungen an einzelnen Stellen und ein inneres Gewebe. Ein Theil oder sämmtliche Zellen des Letzteren verdicken sich schraubig oder netzförmig und erhalten dadurch eine größere Festigkeit, als die sie umgebenden Epidermiszellen.

Trocknet nun das Gewebe aus, so ziehen sich die Oberhautzellen stärker zusammen, als das innere netzartig verdickte Gewebe der Antherenwand, das endlich, dem Zuge der Epidermis folgend, in Löchern (Fig. XIV 1) oder Spalten aufreißt. Somit ist das Staubbeutelfach geöffnet; die reif gewordenen Pollenkörner werden frei. Ihre Außenhaut, die Exine, ist cuticularisirt, bald netzartig, bald warzig oder stachelig in den zierlichsten Formen verdickt und häufig Oel enthaltend; ihre Innenhaut, die Intine, bildet eine gleichartige, aber häufig nicht überall gleich dicke Celluloseauskleidung, die sich bei dem Auswachsen des Pollenkorns auf dem weiblichen Organ durch meist vorher als verdünnte Stellen angedeutete Löcher als Pollenschlauch hervorstülpt. Dieser Pollenschlauch sucht von der Narbe (Fig. XIII n, XVI n) aus seinen Weg in das Innere des Fruchtknotens.

Auch hier läßt sich ebensowenig wie bei den andern Theilen des Pflanzenkörpers auf die mannigfachen Abweichungen eingehen, die bei den einzelnen Pflanzenfamilien und Geschlechtern charakteristisch sind. Es ist für den hier verfolgten Zweck gleichgültig, ob die einzelnen Pollenkörner zu vier oder acht oder sämmtlich unter einander verklebt bleiben und eine zusammenhängende Masse bilden, wie bei den Orchideen und den Mimosen, oder ob sie vollständig getrennt auftreten, wie oben beschrieben worden. Ebenso kann bei der Besprechung der weiblichen Geschlechtstheile nur das Allgemeine erwähnt werden und zwar auch nur insofern, als es der Mehrzahl (den mit einem Fruchtknoten versehenen Phanerogamen), nicht allen unsern Kulturpflanzen eigenthümlich ist.

Der weibliche Apparat (Fig. XIII f—n, XVI) bildet seiner Entstehung nach den obersten Blattkreis der Blüthenachse; er stellt sich dem bloßen Auge als der

grün gefärbte Behälter dar, welcher die Samenanlagen (Fig. XVI s) umschließt. In der Regel treten an jedem solchen Behälter drei Theile auf. Der wesentlichste ist der basale, angeschwollene Theil, der Fruchtknoten (germen) (Fig. XIII und XVI f), der sich nach oben hin in den zweiten, röhrigen Theil, den Griffel (stylus) (Fig. XIII gr, XVI gr) zusammenzieht und dann in den dritten, bei den einzelnen Arten sehr verschieden entwickelten drüsigen Theil an der Spitze, die Narbe (stigma) (Fig. XIII n, XVI n) übergeht. Alle drei Theile werden durch den botanischen Namen Stempel (pistillum) zusammengefaßt. Jeder Stempel, der entweder einzeln oder zu mehreren in einer Blume auftreten kann, entspricht einem Blatte, das den Namen Fruchtblatt (carpellum) führt, da es sich zur Frucht ausbildet. Wenn mehrere Fruchtblätter in einer Blume stehen, können dieselben frei neben einander bleiben; es verwachsen dann die beiden Ränder eines jeden Fruchtblattes mit einander und bilden auf diese Weise einen für sich geschlossenen Cylinder, wie bei dem Hahnenfuß (Ranunculus) oder aber es verwachsen die Ränder zweier benachbarter Fruchtblätter, wodurch ein gemeinschaftliches, aus mehreren Blättern zusammengesetztes Organ entsteht, das sich zu einer Kapsel oder Beere u. s. w. ausbildet, wie bei der Kartoffel.

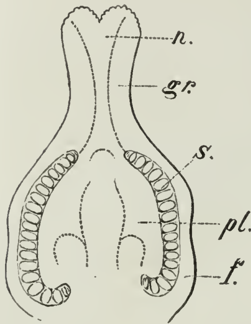


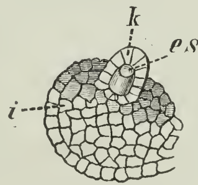
Fig. XVI.
Junger Stempel aus der Kartoffelblume.

Im Innern eines jeden Fruchtblattes erscheinen die Anlagen der Samen in Form von sehr zarten Höckern des Meristemgewebes, entweder einzeln oder zu vielen an Stellen, die dem Rande oder der Mittelrippe des Carpells entsprechen. In manchen Fällen scheint die in den Fruchtknoten hinein verlängerte Achse der Blüthe die Samenanlagen (Samenknospen, ovula) zu tragen, wie bei den Primeln und dann sind die Fruchtblätter nicht mehr die Samenträger, sondern nur das Samengehäuse; dasselbe tritt ein, wenn die nach innen umgeklappten Ränder der Fruchtblätter zu einem gemeinschaftlichen centralen achsenähnlichen Organ verschmelzen, wie bei der Kartoffel (Fig. XIII pl, XVI pl).

Die junge Samenknospe erscheint zunächst als stumpfer, nackter Zellenkegel; an dessen Basis ein (Fig. XVII i) bis zwei Wulste, die Samenknospenhäute oder Integumente sich zeigen, die an dem Kegel, dem Knospenkern (nucleus) (Fig. XVII k) später emporwachsen und sich über demselben zu schließen streben (Fig. XVIII i); sie vereinigen sich jedoch nicht ganz über dem Scheitel des Knospenkerns, über der Kernwarze, sondern lassen einen kleinen Canal zwischen sich, der als Knospenmund (micropyle) (Fig. XVIII m) bekannt ist. Die Samenknospe ist häufig gestielt; durch den Stiel, den Nabelstrang oder funiculus, zieht sich bei späterer Ausbildung aus der speziell die Samen tragenden Parthie des Fruchtblattes oder der Achse, aus der Samenleiste oder placenta, ein Gefäßbündel (Fig. XVIII gt), dessen erste Anlage die Zeichnung zeigt, in die

Samenknospe bis in die innere Knospenhaut unterhalb des Kerns hinein. Der Endpunkt des Gefäßbündels heißt innerer Nabelfleck oder chalaza. Der Punkt, an welchem der Samen auf dem Träger aufgesessen hat, führt den Namen äußerer Nabel (hilum) (Fig. XVIII n). Die Gestalt und Lage der Samenknospe ist eine verschiedene. Bald ist der Knospenmund nach unten, bald nach oben gerichtet, bald entgegengesetzt dem äußeren Nabel, bald durch Drehung der Samenknospe neben demselben.

Kaum ist die junge Samenknospe angelegt und die Integumente beginnen an derselben emporzuwachsen, so zeigt sich im Innern des Knospenkerns eine Zelle wesentlich vergrößert (Fig. XVII es, XVIII es), während das übrige umgebende Gewebe meist zurückgedrängt und aufgelöst wird. Die sich vergrößernde Zelle, Embryosack genannt, wird die Bildungsstätte für die Anlage der jungen Pflanze; solche Anlage zeigt sich in Form von ein bis zwei Keimbläschen (Fig. XVIII k) in der Spitze des Embryosackes, der sich oft in die Micropyle hinein ausstülpt. Von den zwei oder noch mehreren Keimbläschen wird in der Regel nur eines befruchtet und bildet sich zum Keimling (Embryo) aus. Bevor der Akt der Befruchtung stattfinden kann, muß die Bestäubung der Narbe vor sich gegangen sein, d. h. die Uebertragung der männlichen Geschlechtszellen, des Pollens, auf das weibliche Organ, das zu einer gewissen Zeit in den Zustand der Empfängnißreife tritt. Der innerhalb des Antherenfaches entstandene Pollen kann durch den Wind auf die empfängnißreife Narbe geführt werden, wie bei unsern Nadelhölzern; in andern Fällen wird er durch das elastische Aufschnellen der Staubbeutel weit umher geschleudert, wie bei der bekannten Zierpflanze Ziethen im Busch (Pilea serpyllifolia) und andern nesselartigen Pflanzen; zuweilen ist bei hängenden Blumen der Stempel länger als die Staubgefäße, so daß der in ihnen erzeugte Pollen direkt auf die Narbe herunterfallen kann, wie bei der Fuchsie. In vielen Fällen vollzieht sich aber der Bestäubungsakt nur mit Hülfe der Insekten, welche, dem süßen Saft der Nectarien in den Blumen nachgehend, unwillkürlich den Pollen der einen Pflanze auf die Narbe einer andern transportiren. Unter Nectarien versteht man nämlich diejenigen Stellen irgend eines Blüthentheiles, welche oft von lockererem, drüsigerem Bau als das übrige Organ, sich durch einen süßen klebrig flüssigen Ueberzug, den



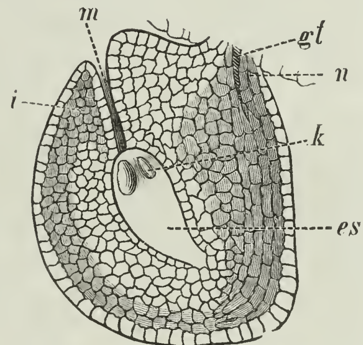


Fig. XVII. Fig. XVIII.
Jüngere und ältere Samenknospe der Kartoffel.

Nectar, auszeichnen. Solche Stellen mit Nectar können sich an der Basis der Blumenblätter befinden, wie bei Ranunkeln, Kaiserkronen und Veilchen (im Sporn); sie können an den Staubgefäßen sich befinden, wie bei dem Rhabarber oder zwischen den Blumenblättern und Staubgefäßen am Blüthenboden, wie bei Raps und Levkoy oder selbst an der Basis der Fruchtblätter, wie bei dem Tabak u. s. w. Bei der Kartoffel finden sich keine Nectardrüsen und demgemäß wenig die Blüthe besuchende Insekten. Hier befruchtet sich die Blume vorzugsweise selbst, indem die Narbe sich abwärts beugt und den aus den Spitzen der tiefer stehenden Staubbeutel austretenden Pollen auffängt (Treviranus, Müller).

Der Umstand, daß die Insekten die Bestäubung in vielen Fällen vermitteln, hat zu sehr interessanten Beobachtungen geführt, die nach Darwin, Delpino, Hildebrandt u. A. als Resultat ergeben haben, daß die Mehrzahl der Pflanzen geradezu es vermeidet, die Narbe einer Blume mit dem Pollen derselben Blume zu bestäuben. Dieses Fliehen der Selbstbestäubung drückt die Natur durch verschiedene Anzeichen in der Organisation der Blumen aus. Zunächst ist anzuführen, daß manche Pflanzengeschlechter polygam sind, d. h. neben Blumen, die Staubgefäße und Stempel gleichzeitig haben, also Zwitterblumen sind, entwickeln sich auch einhäusige, die nur Staubgefäße oder nur Stempel bergen, wie die Roßkastanie und die Ahornarten.

Diese Polygamie artet bei andern Pflanzengeschlechtern, wie bei den Nadelhölzern, dem Mais, der Wallnuß zur vollständigen Diclinie aus, wo eine solche getrennte Vertheilung der männlichen und weiblichen Organe in verschiedenen Blumen, ja wie bei Hanf, Hopfen, Weiden und Pappeln sogar auf verschiedenen Pflanzen zum Gesetz geworden ist. Fernere Beobachtungen haben zur Erkenntniß der Dichogamie geführt. Man versteht unter dieser Bezeichnung die merkwürdige Eigenschaft mancher Pflanzen, eines der Geschlechtsorgane in derselben Zwitterblume erst dann vollkommen zu entwickeln, wenn das andere Organ bereits über seine Reife hinaus ist. So wird z. B. bei vielen Kulturpflanzen die Narbe erst empfängnißreif, wenn der Blumenstaub längst aus den Staubbeuteln ausgestäubt ist. Wenn die Samenknospen sich nun entwickeln sollen, müssen die Narben von dem Pollen einer andern Blume bestäubt werden. Noch bedeutsamer ist in dieser Hinsicht die Heterostylie d. i. die Eigenthümlichkeit mancher Pflanzenarten, wie z. B. mancher Primeln, in einem Exemplar lange Griffel und kurze Staubfäden und im andern Exemplar umgekehrte Verhältnisse zu erzeugen. Blumen, welche also durch die längeren Griffel viel höher stehende Narben als Staubbeutel haben, werden viel schwieriger von dem eignen Pollen bestäubt werden, als von dem einer fremden Blume. Es lassen sich hieran noch manche Fälle reihen, in denen der Blumenbau und Stellungsänderung der Staubgefäße die Selbstbefruchtung erschweren, so daß man eigentlich mit Sicherheit nur sehr wenige Pflanzen als homogam (sich ausschließlich oder fast ausschließlich selbstbestäubend) ansehen kann. Hierher gehören die zweizeilige Gerste (Hordeum distichum), deren mittlere

Aehrchen meist schon bei geschlossenen Spelzen noch innerhalb der obersten Blattscheide bestäubt werden und eine zweite, fast blumenblattlose Blüthenform mancher Veilchen (Viola canina und odorata), die diese zweite Form von sich gar nicht öffnenden und doch fruchtbaren Blumen nahe der Erde entwickeln, während die mit großen Blumenblättern versehenen, lang gestielten häufig zur Unfruchtbarkeit neigen. Abgesehen von solchen durch Mohl bekannt gewordenen Ausnahmefällen, sehen wir also in der That bei sehr vielen Pflanzen einen Blumenbau, der eine Befruchtung durch den Pollen anderer Blumen mit Nothwendigkeit zu fordern scheint, ja, nach Hildebrandt bei manchen Pflanzen (Corydalis cava) unbedingt fordert, da sie durch den eignen Pollen bestäubt, unfruchtbar bleiben. Dieses Bedürfniß nach fremden Pollen wird aber auch noch experimentell bestätigt, indem sich ergeben hat, daß bei solchen, für eine fremde Bestäubung zugänglichen Pflanzen die Samenernte weniger ergiebig bei Selbstbestäubung ist. Wahrscheinlich ist dieser Umstand durch die zahlreichere Entwicklung des fremden Pollens bedingt.

Diese Entwicklung beginnt, sobald der Pollen auf die Narbe gelangt und dieselbe empfängnißreif ist, was sich durch eine klebrige Beschaffenheit des Organs kund giebt. Die Außenhaut des Pollenkorns wird an einer bestimmten Stelle durchbrochen; die Innenhaut stülpt sich schlauchförmig aus und verlängert sich fadenförmig zum Pollenschlauch, in welchen der Inhalt des Pollenkorns großentheils hineinwandert. Der Pollenschlauch wächst zwischen den Haaren der Narbe entlang und bahnt sich seinen Weg durch den Griffel, der entweder schon einen freien Canal besitzt oder in dessen Gewebe der Pollenschlauch sich erst einen Weg gräbt, um endlich in den Fruchtknoten zu gelangen. Hier wird sein freies Ende dicker; oft verdickt sich dabei auch die Wandung und der Inhalt zeigt kleine Stärkekörnchen. Von den vielen Pollenschläuchen, die diesen Weg machen, gelangen einige zu den Samenknospen, durch deren Mikropyle sie eintreten. Der Schlauch durchbohrt dann den Knospenkern, wenn derselbe nicht vorher aufgelöst worden und legt sich mit seiner Spitze an den Embryosack an. Wahrscheinlich ist es nun ein osmotischer Vorgang, welcher zwischen dem Inhalt des Pollenschlauches und dem des Embryosackes stattfindet und der den eigentlichen Befruchtungsakt darstellt.

Eine der beiden Eizellen, Fig. XVIII, k, die häufig an dem der Mikropyle zugewendeten Ende etwas zugespitzt sind, beginnt, sich an dem verschmälerten Ende zu strecken, während die andere einer schleimigen Auflösung verfällt. Durch die zunehmende Streckung des verschmälerten Theiles wird die Basis der befruchteten Eizelle weiter in den Embryosack hineingeschoben. In dem gestreckten, der Mikropyle zugewendeten Ende der Eizelle entsteht eine Anzahl neuer Zellen und bildet aus diesem Theile ein neues Organ, den sogenannten Vorkeim, dessen inneres Ende immer noch der verbreiterte Theil der Eizelle ist, die gleichsam den Scheitel des Vorkeims darstellt. Nach Hanstein's umfassenden Untersuchungen erscheint bald diese Scheitelzelle durch eine Längs- und Querwand in 4 Kugelquadranten getheilt und damit wird die Bildung der jungen Keimpflanze, des Embryo eingeleitet, dessen erste

Wurzel sich an der Stelle bildet, wo der aus der ursprünglichen Scheitelzelle gebildete neue Gewebekörper in den Vorkeim übergeht. Während der Ausbildung des Keimlings aus der Eizelle hat sich im vergrößerten Embryosack, der meist den ganzen Knospenkern ausfüllt (Fig. XVIII es), eine Menge neuer freier Zellen gebildet. Diese Zellen, welche den ganzen übrigen Raum des Embryosackes einnehmen, erscheinen bei der Reife reichlich mit Reservestoffen in der Form von Stärke oder fettem Oel, seltener von Zellstoff als Zellwandverdickung versehen; sie bilden das Sameneiweiß (Endosperm) (Fig. XIX en), welches z. B. den Mehlkörper bei den Getreidearten darstellt. Nur bei verhältnißmäßig sehr wenigen Pflanzen füllt der Embryosack nicht ganz den Knospenkern (Nucleus) aus; es speichern dann auch die übrigen Zellschichten des Nucleus noch Reservestoffe und stellen einen zweiten Sameneiweißkörper, das Perisperm dar, wie bei den Wasserrosen (Nymphäaceen) und den Pfefferarten (Piperaceen). Bei manchen großen Familien der Dicotyledonen, wie bei den Schmetterlingsblüthlern (Papilionaceen) und Kürbispflanzen (Cucurbitaceen) erkennt man gar kein Sameneiweiß. Hier haben sich die Reservestoffe in den ersten Blättern der jungen Pflanze, den Samenblättern oder Cotyledonen angehäuft; diese sind dann derart gewachsen, daß sie, wie bei der Bohne den Embryosack und den Eikern gänzlich verdrängt haben und unmittelbar unter den Samenknospenhäuten liegen, welche sich zur Samenschale (testa) (Fig. XIX t) ausgebildet haben.

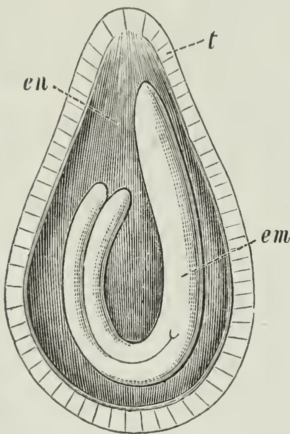


Fig. XIX.
Reifer Kartoffelsame.

Hand in Hand mit dem Wachsthum des Samens geht die Umbildung der die Samen umschließenden Fruchtblätter, des Fruchtknotens, zu den verschiedensten Früchten, wie Kapseln, Beeren u. s. w. vor sich, je nachdem die Fruchtknotenwand trocken und holzig oder fleischig und saftig wird. Diese Fruchtknotenwand differenzirt sich häufig in sehr verschiedene Gewebe, wie sich dies an einer Pflaume am deutlichsten zeigt; hier unterscheidet man eine äußere bereifte Hautschicht, das Epicarpium, von der fleischigen zuckerhaltigen Mittelschicht, dem Mesocarpium und einer, den Pflaumenstein darstellenden verholzten Innenschicht, dem Endocarpium. Sämmtliche drei Schichten faßt man unter dem auch zur Bezeichnung aller Fruchtknoten mit nicht differenzirtem Gewebe dienenden Namen Pericarpium zusammen.

Ist die Zeit der Reife da, so fällt in der Regel Frucht und Samen von der Mutterpflanze oder aber die Samen fallen auch aus der sich öffnenden, stehenbleibenden Frucht heraus und ein Vegetationscyclus ist somit beendet. Bei vielen Pflanzenarten ist durch die Ausbildung von Frucht und Samen das Individuum erschöpft und stirbt ab (monocarpe Pflanze). Dahin gehören alle einjährigen und

zweijährigen Kulturgewächse; unsere Bäume und perennirenden Wiesenpflanzen dagegen sind durch die einmalige Produktion von Samen nicht erschöpft; sie haben Kraft genug, wiederum neue vegetative Organe zu treiben, um nach einem bestimmten Zeitraum von Neuem wiederum einen Theil der erarbeiteten organischen Substanz in Form einer zweiten Samenernte abzugeben (polycarpe Pflanzen).

Der Same keimt, ein neuer Entwicklungscyclus beginnt. Die im Endosperm oder den Cotyledonen gespeicherten Reservestoffe werden bei fortgesetzter Wasseraufnahme aus ihrer stabilen Form in eine leicht transportable übergeführt. Die Pflanzeneiweißstoffe oder Proteïnkörper, die bisher in fast fester Form als Körner oder sogar als krystallinische Bildungen (Globoide und Krystalloide) im Gewebe des trocknen Samens abgelagert waren, wandern wahrscheinlich als Asparagin oder Kalialbuminat oder in Verbindungen mit Kaliphosphaten[1]), die Kohlenhydrate, wie Stärke oder Zellstoff, die durch fettes Oel bei manchen Samen vertreten sind, gehen in Zucker über und wandern in die Achse des jungen Keimlings, der an der Stengel- und Wurzelspitze neues Gewebe daraus bildet. Es werden somit die Reservestoffe zu lebendigen Zellen, der Zellinhalt wird theilweis zu Zellwandung für die Zellen der neu entstehenden Organe umgewandelt. Diese Umwandlung der Stoffe im keimenden Samen, wie in der sich entfaltenden Knospe oder der farbigen Blume ist nur durch den Sauerstoff aufnehmenden und Kohlensäure und Wasser abgebenden Oxydationsprozeß, den wir Athmung nennen, möglich. Damit ist aber auch gleichzeitig ein Verlust an Trockensubstanz verbunden, so daß die große vom Licht noch nicht berührte Keimpflanze weniger organische Substanz erhält, als der kleine Samen. Aber nicht alle Reservestoffe werden zu Zellstoff verwandelt; ein Theil dient auch zur ersten Anlage der Chlorophyllkörner im Parenchym der jungen Organe, und mit dem Augenblicke, wo das Licht die Pflanze trifft, ergrünen die Chlorophyllkörner und beginnt unter Kohlensäurezersetzung die Assimilation, die Bildung neuer organischer Substanz.

Capitel II.

Krankheitsbegriff.

Das Bestreben des Praktikers, welcher die Pflanzenkultur als Erwerbszweig betreibt, geht dahin, von seinem Bodenkapital die möglichst hohen Zinsen, in Pflanzensubstanz ausgedrückt, zu erhalten. Der Werth der produzirten Pflanzen-

1) Pfeffer, landwirthsch. Versuchsst. 1872. Bd. XV. Nr. 2. S. 116.

substanz liegt in ihrer Benutzung; somit ist der Züchter angewiesen, möglichst viel nutzbare Pflanzensubstanz zu erziehen. Der Nutzwerth liegt aber nicht allein in der stofflichen Zusammensetzung der produzirten Masse, sondern auch in der Form, in welcher diese Masse dargeboten wird. So wird der Landwirth, der die Bodenrente eines Ackerstückes in einem Jahr in Mohrrüben ausdrücken will, nicht sich begnügen können, eine möglichst große Masse Mohrrüben gezogen zu haben; er muß dieselben auch in der verwerthbarsten Form als dicke unverzweigte zuckerreiche Wurzeln darbieten können, wenn er die höchste Verzinsung des Kapitals beansprucht. Als lange dünne, mehrfach verzweigte, faserige, stärkereiche Wurzeln wird dieselbe Masse Mohrrübensubstanz nur den halben Werth haben. Die Forstkultur wünscht nicht nur, dauernd recht viel Holzsubstanz auf einer gegebenen Fläche zu erzielen, sondern diese Holzsubstanz in der Form starker, glatter Stämme zu erhalten und der Gärtner muß bestrebt sein, seinen Boden nicht blos durch eine recht große Menge Obst auszunutzen, sondern dieses Obst in Form schmackhafter, großer Früchte zu erlangen. Wenn man, einem von Andern gebrauchten Bilde folgend, die Pflanze eine Maschine nennt, so hat demgemäß eine rationelle Kultur die Aufgabe, den Gang der Maschine, welche bestimmt ist, die Bodenkraft in Pflanzensubstanz umzusetzen, nach einem bestimmten Zweck und Ziel hin zu richten.

Es genügt nicht, zu wissen, welches die Stoffe sind, die die Produktionsmaschine, die wir Pflanze nennen, zu ihrem Aufbau braucht; es genügt nicht, zu wissen, auf welche Weise wir die durch eine Ernte aus dem Boden entnommenen Nährstoffe der Pflanze möglichst billig in leicht löslicher Form demselben wieder zuführen können, sondern wir müssen auch zu erkennen suchen, wie eine Pflanze die gebotenen Nahrungsmittel am besten zu dem Zweck verwendet, zu welchem wir sie kultiviren.

Die Auffassung, in der Pflanze eine Maschine zu sehen, die zu einem bestimmten Zwecke arbeitet, findet auch ihre Anwendung auf die nicht kultivirten Gewächse. Die Arbeit derselben besteht darin, nach Ablauf einer bestimmten Vegetations-Epoche Samen zu produziren, um die Fortpflanzung zu sichern.

Dadurch, daß wir in den Wachsthumsprozessen der Pflanze die Arbeit einer Maschine erblicken, welche zu einem ganz bestimmten Zwecke arbeitet, gelingt es, an die Beantwortung der Frage heranzutreten, was haben wir als Pflanzenkrankheit aufzufassen. Als eine Krankheit werden wir daher jede Störung des Organismus betrachten müssen, welche das Endziel seiner Arbeit, die Erfüllung seines Zweckes, benachtheiligt. Wenn durch Aushaken eines Theiles des Getriebes einer Maschine die Arbeitsleistung an einer Stelle eingestellt wird und die Triebkraft in derselben Stärke verbleibt, dann kann der in Bewegung bleibende Theil eine um so größere Arbeit leisten. Das Gesammtresultat der Arbeit wird aber ein anderes als das gewünschte sein. Wenn durch irgend einen Umstand die Fruchtproduktion eines Obstbaumes verhindert wird, sieht man die Zweigbildung eine ungewöhnliche Aus-

dehnung erlangen und umgekehrt. Wir brauchen aber zur dauernden Erzielung guter Früchte beide Funktionen des Baumes. Das Zurücktreten der einen Arbeitsleistung bezeichnen wir als Krankheit mit dem Namen Unfruchtbarkeit. Die Maschine arbeitet nicht mehr normal, d. h. nach dem von der Natur oder dem Menschen vorgesteckten Ziele.

Krankheit wird also hier, wo wir die Kulturpflanzen im Auge haben, ebensowohl abnorme Arbeitsleistung, wie theilweise Arbeitseinstellung bedeuten. Abnorm heißt hier: nicht zweckentsprechend. Daß diese Definition dem allgemeinen Sprachgebrauch nicht fern ist, zeigt ein Beispiel an unsern gewöhnlichen Kohlpflanzen, von denen wir eine Varietät als Krauskohl, eine andere als Kohlrabi, eine dritte als Blumenkohl unterscheiden. Diese von derselben Mutterpflanze (Brassica oleracea L.) ausgegangenen Spielarten, die jetzt bereits eine ziemliche Beständigkeit erlangt haben, bezeichnen wir als normal entwickelt, wenn der Blumenkohl recht fleischige Blüthenstände, wenn der Kohlrabi recht angeschwollene Stengel u. s. w. besitzt. In dem Augenblicke, wo der Blumenkohl anfangen würde, eine Stengelanschwellung wie der Kohlrabi zu zeigen, würden wir die Pflanzen als abnorme Bildungen bezeichnen, und doch sind beides ursprünglich abnorme Bildungen im Verhältniß zur gemeinschaftlichen Mutterpflanze. Aehnlich verhält es sich bei dem Raps (Brassica Napus L.). Wir unterscheiden Sommer- und Winterraps, also eine einjährige und zweijährige Form, deren Samen wir benutzen, deren Wurzeln dünn sind.

Dieselbe Stammpflanze hat sich durch die Kultur aber auch zur Erdrübe oder Wruke ausgebildet, deren fleischige, kugelige Wurzel wir als Gemüse verwenden. Würde solche Rübenpflanze im ersten Jahre in Samen schießen, und die Wurzel sich kaum mehr verdicken, die Pflanze sich also dem Sommerraps nähern, so würden wir solchen Rückschlag als eine abnorme Bildung ansehen, trotzdem sie eigentlich in Rücksicht auf die Mutterpflanze normal geworden ist. Daraus erhellt, daß wir die Worte normal und abnorm eigentlich für „zweckentsprechend" und „zweckabweichend" gebrauchen. Würde man die Benutzung der Rübe nicht kennen, sondern die Pflanze nur als Sommerraps zu verwerthen wissen, so würde die Erscheinung von Rüben auf einem Sommerrapsfelde und die dadurch um ein Jahr hinausgeschobene Fruchtbildung solcher Rübenpflanzen von uns offenbar als Krankheit bezeichnet werden; ebenso gut wie wir das „in Samen schießen" der Runkeln, Mohrrüben 2c. für krankhafte Zustände auffassen. Mit dem Augenblicke, wo wir die Benutzung der Wruke erkannt haben, hat sich der Zweck, zu dem wir bisher die Brassica Napus kultivirt haben, geändert und die von uns ursprünglich als krankhaft bezeichnete Bildungsabweichung ist kein krankhafter Zustand mehr.

Durch die Berücksichtigung des Zweckes, den das Individuum von der Natur (diese Anschauung sei hier erlaubt) oder den Menschen vorgeschrieben erhalten und auf dessen Erfüllung seine Entwicklung hinstrebt, erklärt es sich, daß wir ein-

mal die abweichenden Bildungen von den bisherigen Formen als Krankheit auffassen und ein anderes Mal nicht.

Der Zweck, den jedes Individuum in sich trägt, ist die Erhaltung seiner eigenen Existenz. Mit dem Augenblicke, wo das Individuum in Beziehung zum Menschen tritt, empfängt es von außen die Bestimmung, noch einen andern Zweck zu erfüllen, den Kulturzweck. Die Störungen, welche die Existenz des Individuums benachtheiligen, werden also an und für sich und unter allen Umständen Krankheiten sein, „absolute Krankheiten“; die Störungen dagegen, welche den Kulturzweck bedrohen, brauchen nicht immer die Existenz des Individuums zu gefährden (eine in Samen schießende Rübe ist nicht absolut krank); solche Störungen gefährden nur die gewünschten Beziehungen zum Menschen, um derentwillen die Pflanze gebaut wird; es sind dies somit nur Entwicklungsstörungen in Rücksicht auf einen bestimmten Zweck, „relative Krankheiten“, die es nicht mehr sind, wenn der Kulturzweck ein anderer wird.

Bei der Betrachtung der Krankheiten der Kulturgewächse erweitert sich somit der Begriff des Wortes Krankheit, indem auch diejenigen Zustände zur Besprechung gezogen werden müssen, welche den Kulturzweck schädigen, ohne die Existenz des Individuums selbst zu gefährden. In diesem Sinne treten wir an die Besprechung der Krankheitserscheinungen und an die Frage nach den Krankheitsursachen heran.

Bevor es unternommen werden kann, eine Anzahl Krankheitserscheinungen nach ihren thatsächlichen oder muthmaßlichen Ursachen zu ordnen, ist es nöthig, darauf aufmerksam zu machen, daß solche Classifikation nur einen beschränkten Werth hat; denn verhältnißmäßig selten ist nur eine isolirte Krankheitsursache vorhanden. In der Mehrzahl der Fälle kombiniren sich eine Anzahl ungünstiger Vegetationsbedingungen zu einem Gesammteffekt. Hierzu kommt die dauernde Wechselbeziehung, welche zwischen den einzelnen, das Wachsthum bedingenden Faktoren herrscht.

Veränderungen in der Beleuchtung einer Bodenfläche führen Veränderungen in der Erwärmung mit sich und diese wirkt modifizirend auf den Feuchtigkeitsgehalt, der seinen Ausdruck in der Beschleunigung oder Verlangsamung chemischer und dadurch bedingter physikalischer Prozesse im Boden finden kann. Wir haben es so mit den Gliedern einer Kette zu thun; es kann also nur insofern von einer einzigen Eigenschaft des Bodens als Krankheitsursache gesprochen werden, als dadurch nur die nächste und wesentlichste, aber nicht die alleinige Ursache bezeichnet wird.

Capitel III.

Krankheiten durch ungünstige Bodenverhältnisse.

§. 1. Lage.

I. Nach Süden geneigte Lage.

Das Gedeihen bestimmter Kulturen kann unter Umständen von der Lage allein abhängen. Man denke nur an den Einfluß, den nach Süden geneigte Abhänge auf die Vegetation ausüben; man denke ferner an die ähnlichen Erscheinungen, welche Oertlichkeiten zeigen, die vor kalten Winden dauernd geschützt liegen. Die intensivere Erwärmung, welche im ersten Falle durch die Neigung nach Süden hervorgerufen, im zweiten Falle durch die Verhinderung der Abkühlung durch Wind veranlaßt wird, bedingt ein früheres Erwachen der Pflanze; bei freier südlicher oder südwestlicher Lage kommt auch ein schnelleres Reifen hinzu. Bei kurzen kühlen Sommern kann dadurch allein die Ernte mancher kurzlebigen Pflanzen ermöglicht werden. Darum empfiehlt es sich, alle Gewächse, welche der Frucht wegen gebaut werden und einer erhöhten Temperatur und Lichteinwirkung deshalb bedürfen, in südlich oder südwestlich geneigter Lage anzubauen, während da, wo der Blatt- oder Holzkörper zur Verwerthung gelangt, die kältere Lage benützt werden kann. Bei der Kultur monocarper Gewächse, wie unserer Gemüse, kommt der Uebelstand, den solche bevorzugte Lagen bedingen, nur dann zur Geltung, wenn die Bestellung mit Pflanzen zeitig im Frühjahr vorgenommen wird. In diesem Falle können bei der schon erwachten Vegetation Schäden durch Frühjahrsfröste entstehen. Größer ist dieser Schaden bei empfindlichen polycarpen Pflanzen, wovon unsere Nußbäume ein gutes Beispiel liefern. Hier finden wir in günstigen, warmen Lagen häufig eine Mißernte, während in demselben Jahre die rauhen Lagen reichlich Nüsse liefern. Im erstern Falle haben die durch stärkere Erwärmung früher herausgelockten jungen Triebe und Blüthenknospen durch einen Nachtfrost gelitten, der an den in hohen, rauhen Lagen befindlichen Exemplaren, die in der Entwicklung noch zurück waren, schadlos vorübergegangen ist.

In der Gartenkultur sucht man bei Benutzung der Vortheile solcher Lagen die Nachtheile der Frühjahrsfröste zu vermeiden, indem man die Pflanzen künstlich zurückhält. Dies geschieht durch längere Bedeckung, indem entweder noch Schnee auf die zarten Pflanzen geschaufelt oder Matten und Streu noch vermehrt werden.

II. Zu steile Lage.

Die Nachtheile, welche eine zu steile Lage hervorruft, sind in die Augen springend. Bei heftigen Regengüssen wird der Boden von den obern Theilen nach den tiefer liegenden geschwemmt. Dadurch werden dort die Wurzeln bloß gelegt, hier die Pflanzen zu tief bedeckt. Die Größe des Schadens hängt von der Individualität der Pflanzen ab. Manche Pflanzen vertragen ein fast gänzliches Verschütten, wie die krautartigen Dünenpflanzen und unter den Bäumen die Weiden, Pappeln und der Sanddorn (Hippophaë rhamnoides); andere sind gegen geringe Bodenaufschüttungen, die den Stamm versenken, äußerst empfindlich, wie unsere Obstbäume. Dasselbe Verhältniß zeigt sich bei den in Topfkultur stehenden Zierpflanzen, von denen Eriken und Epacris die bekanntesten Beispiele großer Empfindlichkeit gegen zu tiefes Einpflanzen liefern. Die Todesursache wird in dem verminderten Luftzutritt zur Stammbasis zu suchen sein.

In der Regel ist der aufgeschwemmte Boden sehr fein und bildet beim Austrocknen eine dichte Kruste; eine solche wird bei den Topfpflanzen durch Begießen erzeugt. Wenn man eine größere Anzahl solcher, die Verschüttung leicht überstehender Pflanzen vor Augen hat, findet man, daß dieselben sämmtlich die Fähigkeit besitzen, leicht Adventivwurzeln zu bilden und dieser Umstand wird als Norm bei der Bepflanzung von Oertlichkeiten, die der Bodenanschwemmung oder Versandung ausgesetzt sind, zu beachten sein.

III. Zu tiefe Lage der Saat.

Hierbei möchte ein Punkt Erwähnung finden, der bei der Kultur zu bedeutenden Verlusten führt. Es ist dies das zu tiefe Unterbringen der Saat. Hier, wie überall, wo die Individualität der Pflanze hervorragende Modificationen hervorruft, lassen sich nur allgemeine Gesichtspunkte entwickeln. Der Zweck der Bedeckung ist die Befestigung der jungen Pflanze und die Erhaltung eines größeren Feuchtigkeitsgrades. Der Lichtabschluß kommt nur in zweiter Linie in Betracht; denn viele Samen keimen bei direkter Beleuchtung so gut, wie im Finstern. Vor allem ist die Erhaltung einer zum Keimen genügenden Feuchtigkeit in's Auge zu fassen. Ist eine solche vorhanden, dann werden die Wurzeln selbst bei oberflächlicher Lage des Samens alsbald in den Boden eindringen. Somit würde eine ganz oberflächliche Saat zu empfehlen sein.

Aber bei den Kulturen im Großen läßt sich kein Schutz gegen die trocknen Frühjahrsperioden finden. Tritt bei sehr flacher Saat trocknes, windiges Wetter ein, dann kann der gekeimte Samen zu Grunde gehen. Deshalb wird ein stärkeres Bedecken nothwendig werden. Die Bedeckung wird sich nach der Bodenbeschaffenheit zu richten haben, indem der sandige Boden eine stärkere, der thonige eine schwächere Bedeckung der Saat erfordert. Als durchschnittliche günstigste Tiefe der Unter-

bringung für unsere Getreidepflanzen ergiebt sich nach Roestell[1]) bei lockerem, kräftigem Ackerboden etwa 1 — 1½ Zoll. Je tiefer die Samen zu liegen kamen, um so weniger und später erreichten die Keimpflanzen die Bodenoberfläche, trotzdem dieselben mit einer Vorrichtung begabt sind, die tiefe Lage zu überwinden. Das unterste Stengelglied nämlich verlängert sich nach Bedürfniß, um die junge Stengelspitze dem Lichte zuzuführen. Bei flacher Saat ist es sehr kurz, bei tiefer Lage des Samenkorns dagegen streckt es sich auf 10 Centimeter und darüber. Eine ähnliche Streckung erfährt der unterhalb der Samenlappen liegende Stengeltheil, das hypokotyle Glied bei vielen dikotylen Kulturpflanzen, so daß dadurch die für Manchen überraschende Thatsache hervorgerufen wird, daß bei sehr verschiedener Saattiefe die wachsende Stengelspitze nach einiger Zeit bei allen Pflanzen in ziemlich gleicher Höhe liegt. Bei dem durch Streckung des ersten Internodiums emporgehobenen zweiten Knoten bilden sich bei unsern Getreidepflanzen erst die dauernd thätigen Wurzeln, während die erstgebildeten in nicht zu langer Zeit zu Grunde gehen. Bei manchen Kohlpflanzen bildet das sehr lang gestreckte hypokotyle Glied auch vereinzelte Wurzeln.

Durch ein tieferes Unterbringen der Saat wird durchaus nicht ein tieferes Eindringen der Wurzeln und dadurch eine bessere Ausnützung der tieferen Bodenschichten erzielt; ebenso wenig ist von tiefer Saat ein größerer Schutz gegen Erfrieren zu erwarten, sobald die Keimpflanzen bereits die Bodenoberfläche erreicht haben; denn darin liegen die jungen Stengelspitzen von flacher und tiefer Saat schon annähernd in gleicher Entfernung von der Bodenoberfläche. Vorläufig liegt kein Grund vor, die nur an einzelnen Pflanzen beobachteten derartigen Resultate auf alle Kulturpflanzen nicht auch auszudehnen. Natürlich ist dabei das Maximum der Bedeckung nach Pflanze und Bodenart verschieden. Ist der Same zu tief gelegt, so daß ihm nicht mehr Sauerstoff genug zugeführt wird, geht er gar nicht auf, sondern durch Fäulniß (Reduktionsprozesse) zu Grunde.

Ueberall da, wo man die Regulirung der Feuchtigkeitsverhältnisse in der Hand hat, ist daher ganz flache Saat nützlich. Der Gärtner streuet mit Recht sehr feine Samen einfach auf die geebnete Bodenoberfläche und bedeckt den Saattopf mit einer Glasscheibe; ihm gilt als Regel, die Samen nicht viel tiefer unterzubringen, als ihr größter Durchmesser beträgt. Bei sehr großen Samen bleibt die Regel unbeachtet, da solche sich auch mit Leichtigkeit aus größerer Tiefe herausarbeiten.

---

1) Annalen der Landwirthschaft Bd. 51. p. 1.

§. 2. Nährstoff- und Wassermangel.

I. Mangelhafte Gesammtentwicklung.

Wenn im Boden einer der für die Pflanze nothwendigen Nährstoffe gänzlich fehlt, so hört die Entwicklung auf, sobald der im Samen vorhandene Vorrath verarbeitet ist. Solche Mangelpflanzen zeigen nach den Versuchen von Hellriegel, Nobbe, Schröder u. A. je nach dem fehlenden Nährstoff ein ganz charakteristisches Aussehen, wodurch es dem geübten Beobachter ziemlich gelingt, das mangelnde Element aus der Gestalt der Pflanze zu bestimmen. Freilich sind diese, durch die präcisen Arbeiten der Versuchsstationen erlangten Resultate noch nicht direkt für die Praxis anwendbar, da eine im Freien gezogene Pflanze das Produkt vieler gleichzeitig wirkender ungemessener Faktoren ist. Die Einwirkung eines einzigen Faktors gelangt dann nicht ungetrübt zum Ausdruck. Aber es ist nicht zu vergessen, daß diese Studien sich noch in ihrer ersten Entwicklung befinden und daß sie erst an wenigen Versuchspflanzen ausgeführt sind. Das Hineinziehen sehr vieler verschiedenartiger Pflanzen in die Versuchsreihen und die weitere Ausbildung der auch auf mikroskopische Untersuchung sich ausdehnenden Methode läßt mit Sicherheit später praktisch direkt verwerthbare Resultate erwarten.

Abgesehen davon, daß eine Pflanze bei gänzlichem Mangel eines Nährstoffes zu produciren aufhört, richtet sich überhaupt die Menge ihrer Trockensubstanz nach demjenigen, der in geringster Menge aufnehmbar im Boden ist. Sind andere Nährstoffe im Uebermaaß vorhanden, so werden dieselben von der Pflanze zwar aufgenommen, aber nicht verwerthet.

Diese Erfahrung, in Verbindung mit den in Aussicht stehenden Resultaten der Hellriegel'schen Versuche versprechen eine ungemein praktische Bedeutung zu erlangen. Hellriegel beschäftigt sich nämlich seit vielen Jahren mit Beantwortung der Frage, wieviel von jedem Nährstoff ist das Minimum, das eine Pflanze (die Gerste) zur Produktion eines Pfundes Trockensubstanz braucht. Wenn spätere vermehrte Forschungen diese Frage für alle unsere Kulturpflanzen zu beantworten gestatten werden, dann gewinnen die Analysen von Pflanzen und ihrem Ackerboden eine ganz andere Bedeutung. Dann wird die Menge der Aschenbestandtheile denjenigen Nährstoff anzeigen, der, in geringster Menge vorhanden, das Erntequantum bestimmt hat und gleichzeitig wird daraus hervorgehen, wie viel Pfund Trockensubstanz geerntet werden könnten, wenn die im Ueberschuß vorhandenen Nährstoffe zur eigentlichen Verwendung, nicht bloß zur Aufnahme, gelangen würden. Ergiebt dann die zu Hülfe gezogene Durchschnittsanalyse des Bodens einen wirklichen Mangel, so läßt sich die rationellste Zufuhr berechnen. Erst dann tritt die Düngerfrage aus dem Stadium der Schätzung in das der Rechnung.

Daß auch dann noch neben der eigentlichen Nährstofffrage die physikalische Bodenbeschaffenheit in Rechnung zu ziehen sein wird, ist selbstverständlich.

Vorläufig sind wir angewiesen, durch Feldversuche jedes Stück Acker für jede einzelne Pflanze zu befragen.

Ein Fehler, der häufig bei Feldversuchen vorkommt, ist die unrechte Auswahl des Versuchslandes. Ein einziges Stück aus einem großen Terrain herauszuschneiden kann bei der oft auf kurzen Strecken wechselnden Beschaffenheit des Kulturlandes nie gerathen erscheinen; es wird sich erst dann ein annähernd richtiger Ueberblick über die Beschaffenheit eines Ackerstückes finden lassen, wenn eine größere Anzahl kleiner Versuchsparzellen an mehreren Stellen vertheilt ist, was ohne zu größe Störung in der Bestellung sich wohl ausführen läßt. Wie nothwendig derlei Versuchsparzellen, wird jeder, der künstliche Düngemittel seit längerer Zeit anwendet und bisweilen von seiner Düngung keinen Erfolg gefunden, wohl einsehen. Die Ursache der erfolglosen Düngung ist in vielen Fällen der Umstand, daß durch den Dünger Stoffe zugeführt, die schon reichlich vorher im Boden vorhanden gewesen. Oft fehlt nur Wasser, das in doppeltem Sinne günstig wirkt, indem es chemisch als direkter Pflanzennährstoff verwerthet wird; andrerseits aber durch seine physikalischen Eigenschaften die Produktionskraft des Bodens erhöhen kann. Experimentell festgestellt ist, daß das Wasser genau ebenso maßgebend für eine Ernte, wie jeder andere Nährstoff ist. Bis zu einem gewissen Prozentsatz der wasserhaltenden Kraft des Bodens steigt die Ernte in demselben Verhältniß, als Wasser zugeführt wird, was durch die doppelte Wirksamkeit des Wassers als eigentlicher Nährstoff und als Lösungsmittel und Träger für die andern Nährstoffe erklärlich wird. Wenn daher in der Folge von Krankheiten die Rede sein wird, welche dem Wassermangel zugeschrieben werden, so ist damit ausgedrückt, daß wahrscheinlich auch gleichzeitig Mangel an andern Nährstoffen in der Pflanze vorhanden ist. Nur läßt sich ein solcher nicht durch direkte Zufuhr dieser andern, oft reichlich genug im Boden vorhandenen Nährstoffe, sondern lediglich durch Zuführung des Lösungsmittels heben.

II. Verhaarung.

Von denjenigen Krankheiten, die auf Wasser- und Nährstoffmangel zurückgeführt werden, ist zunächst die Verhaarung (Pilosis) der Pflanzentheile zu nennen. Pflanzen auf trocknem Boden erhalten schon ein behaarteres Aussehen, selbst wenn sich nicht mehr Haare als auf feucht stehenden Exemplaren derselben Art ausbilden; dies kommt daher, daß das Wasser die einzelnen Blattzellen stark vergrößert; Wassermangel bei derselben Nährstoffmenge die Blätter und ihre einzelnen Zellen kleiner bleiben läßt. Wenn eine bestimmte Menge Haare auf einem Blatte gebildet werden, so rücken dieselben auf einem kleineren Raume dadurch näher zusammen, daß die sie trennenden Epidermiszellen kürzer sind. Hieraus

erklärt sich theilweis schon die Beobachtung, daß Hochgebirgspflanzen bei der Kultur in der Ebene weniger behaart erscheinen; diese Pflanzen werden üppiger, die Dimensionen ihrer Organe größer, die Haare rücken weiter auseinander. Aber es findet in der That auch auf trocknen Standorten eine vermehrte Neubildung von Haaren statt. So citirt Moquin-Tandon[1]) Beobachtungen von Linné, daß der Vogelknöterich (Polygonum Persicaria L.) an Wasserrändern ganz kahl, an trocknen Stellen mit Haaren besetzt erscheint; unser Feldquendel (Thymus Serpyllum L.) verliert am Meeresstrande seine Kahlheit und erhält einen kurzhaarigen Ueberzug. Unser Türkenbund (Lilium Martagon L.), der längere Zeit in Gärten kultivirt worden, ist kahl; er wird aber wieder behaart, wie die wilde Pflanze, wenn er auf schlechteren Boden kommt ꝛc. Solche Erscheinungen lassen sich auch bei Gartenpflanzen beobachten, die durch Selbstaussaat auf sandigen Feldstellen sich entwickeln.

Eine ungewöhnliche Haarbildung findet ferner bei manchen Pflanzentheilen statt, die sich nicht mehr zu ihrer bestimmten Gestalt ausbilden. Nach Moquin-Tandon bedecken sich die Staubfäden der dreimännigen Winde mit dicken Wollhaaren; ähnlich verhalten sich die Staubfäden mehrerer Arten von Wollkraut (Verbascum), wenn die Staubbeutel verkümmern. Die Blüthenstiele des Perrückenbaumes (Rhus Cotinus) sind vor der Blüthe und wenn sie Früchte tragen, kaum behaart; wenn dagegen die Früchte sich nicht ausbilden, so werden die unfruchtbaren Blüthentheile länger und es kommen jetzt zahlreiche, lange violette Haare an ihnen zum Vorschein.

III. Vermehrte Stachel- und Dornenbildung.

Hierher zu rechnen sind auch die Fälle, die bei stachligen Pflanzen eine vermehrte Stachelbildung zeigen. Die Stachelbildungen, die sich von den Dornen leicht unterscheiden lassen, indem sie mit der Rinde sich vom Stengeltheil ablösen lassen und keine Gefäßbündel zeigen, sind verholzte Zellbildungen. An ihrer Bildung haben aber nicht bloß die Epidermiszellen, wie bei den Haaren, theilgenommen, sondern auch die unter der Epidermis liegenden Rindenzellen, welche sich zu massigen Auswüchsen entwickelt haben.

Ebenso deutlich wird auf Wasser- und Nahrungsmangel bei der Dornenbildung geschlossen werden müssen. Die Dornen sind verkümmerte, bei kräftigerer Ernährung Blätter und Blüthen entwickelnde Zweige. Allerdings ist diese Umbildung, ebenso wie ein Rückschlag, nicht immer an einem Individuum verfolgbar; es sind oft mehrere Generationen dazu nöthig. Die besten Beispiele für die Dornenbildung liefern die Obstbäume aus der Familie der Apfelfrüchtler (Pomaceae) und unter diesen namentlich die Birnen.

---

1) Pflanzen-Teratologie, übers. v. Schauer 1842. p. 61.

IV. Steinigwerden der Birnen.

Gerade die Birne ist aber auch noch in anderer Beziehung interessant durch eine Erscheinung, welche wir nach den bisherigen Kulturerfahrungen (unsere einzigen Beweise) ebenfalls auf schlechte Ernährung zurückzuführen haben. Dies ist das sogenannte Steinigwerden.

Diese bei Birnen, Quitten und Mispeln auftretende Krankheit besteht in dem Vorkommen von meist isolirten, steinharten Körnern innerhalb des saftigen Fruchtfleisches. Die Körner erweisen sich als Zellen mit außerordentlich stark verdickter Wandung, die von zahlreichen Porenkanälen durchzogen ist und in ihren Reaktionen sich den Holzzellen nähert. Cellulose ist zunächst in der Wand nicht nachweisbar. Zahl und Vertheilung dieser Steinzellen ist sehr verschieden; in der Nähe des Kernhauses sind sie am reichlichsten, nahe der Epidermis sind sie nicht aufzufinden. Bei einigen Winterbirnen sind sie derart zahlreich, daß sie in der Nähe des Kernhauses eine fast ununterbrochene Schicht bilden. So wie die einzelnen Sorten, variiren, wenn auch in geringerem Grade, die Früchte auf demselben Baume; in manchen Jahren zeigt sich die Erscheinung mehr, als in andern und, was die Veranlassung giebt, die Krankheit in diesem Capitel zu besprechen, auf magerem, trockenem Boden werden oft die saftigsten, steinlosen Varietäten steinig.

In neuerer Zeit sind diese Steinzellen chemisch untersucht worden, und der Stoff, aus welchem die schichtig verdickten Zellwände bestehen, hat den Namen Glycodrupose erhalten. Der Name wurde deshalb gegeben, weil der Forscher, Erdmann, glaubt, daß die chemische Zusammensetzung dieser Zellen die gleiche wie in dem Gewebe ist, das den Stein der Pflaumen und Kirschen (Drupaceen) bildet. Erdmann[1]) zerlegt die Substanz durch mäßig concentrirte Salzsäure; dadurch geht die Hälfte des Gewichts als Traubenzucker in Lösung, während die andere Hälfte ungelöst bleibt und nun den Namen Drupose führt; diese hinterläßt beim Kochen mit verdünnter Salpetersäure und Auswaschen mit Wasser, Ammoniak und Alkohol eine gelblich weiße Cellulose. Erdmann schließt aus seinen Untersuchungen, daß die Substanz der Steinzellen aus einem Kohlenhydrat entstanden, und zwar durch Austritt von Wasser und Sauerstoff aus Stärke oder Gummi, während bei dem normalen Reifungsprozeß zur Bildung des Zuckers Wasser aufgenommen werden muß. Schon früher hatte v. Baumhauer die Ansicht ausgesprochen, daß die holzigen Verdickungsschichten der Zellen neben der Cellulose eine Substanz von höherem Kohlenstoffgehalt enthalten. Im unreifen Zustande der Frucht unterscheiden sich die späteren Steinzellen nicht von dem übrigen Parenchym; sie sind dünnwandig und Stärke führend. Während bei dem normalen Reifungsprozesse die Stärke sämmt-

---

1) Liebig's Annalen Bd. 138. S. 101, cit. im Jahresb. d. Agrik.-Chemie 1866. S. 99.

licher Zellen in Zucker umgewandelt wird, tritt bei der Krankheit in einigen Zellen die enorme Wandverdickung auf Kosten ihrer Stärke ein. Je mehr Steinzellen entstehen, desto weniger Zucker wird gebildet, desto weniger süß schmecken also die Birnen, was mit der Erfahrung übereinstimmt, wenn man die verschiedenen Früchte derselben Sorte in Betracht zieht[1]).

V. Verholzen der Wurzeln.

Derselbe Prozeß einer starken Verdickung der Zellwände in Geweben, die gewöhnlich zartwandig bleiben, findet bei dem Verholzen der Wurzeln und Stengel unserer Gemüse statt.

Dieser Vorgang bietet ein schönes Beispiel für die Berechtigung, auch diejenigen Zustände als Krankheiten zu bezeichnen, bei denen nur der Kulturzweck geschädigt wird. Denn gerade hier ist der als krank bekämpfte Zustand der normale. Das Verholzen der Wurzelfrüchte besteht nämlich darin, daß die Zell-Elemente der Gefäßbündel, welche durch die Kultur parenchymatisch geworden waren, zur prosenchymatischen, holzigen Beschaffenheit zurückkehren. Die Mohrrübe z. B., die uns zur Speise dient, hat eine Mutterpflanze, deren Wurzel aus einem starken, harten Holzkörper und einer dünnen, weichen Rinde besteht. Die Zellen des Holzkörpers sind wie alle übrigen Holzzellen dickwandig, spindelförmig, zwischen einander gekeilt. In der kultivirten Wurzel sind statt dieser Holzzellen dünnwandige, wenig langgestreckte, fast stumpf auf einander gesetzte Zellen vorhanden und die Gefäße selbst, die jetzt in zerstreuten Gruppen zwischen den parenchymatischen Zellen liegen, sind wenig verholzt. Die Milchsaftgefäße, welche sich in der Rinde bilden, wenn die schraubigen, porösen Gefäße im Holzkörper entstehen, sind weiter, ebenso wie

---

1) Meyen (Pflanzenpathologie 1841. S. 278) bringt das Auftreten von Steinzellen in Zusammenhang mit dem geringen Säuregehalt[2]) (nach M. gänzlichem Säuremangel) der Birnen, wogegen die Aepfel bei großem Reichthum an Säure keine Steinzellen zeigen und da die Pflanzensäuren bei längerer Einwirkung auf Stärke leicht Zucker erzeugen, werde alle Stärke zu Zucker verbraucht, anstatt hier und da in Verdickungsschichten umgewandelt zu werden.

2) Meyens Bemerkung, die auch in andere Lehrbücher der Pflanzenkrankheiten übergegangen, beruht auf einem Irrthum. In den Birnen ist Gerbsäure enthalten und es gewinnt eine Vermuthung, daß die Gerbsäure zur Wandverdickung der Steinzellen in Beziehung steht, durch die Untersuchungen von Oudemans an dem schwarzen Flieder (Sambucus nigra L.) an Wahrscheinlichkeit, falls dieselben richtig sind. Im Marke und der Rinde der Aeste erscheinen feine braune Längslinien, die sich als Saftgefäße (Saftschläuche) mit eigenthümlicher Ausbildung der Zellhaut nach Oudemans Untersuchungen erwiesen haben. (Bericht über die im Jahre 1872 in den Niederlanden veröffentlichten bot. Unters. v. Vries in Flora 1873. Nr. 4.)

Die innere Auskleidung dieser Gefäße giebt mit Chlorzinkjod die Cellulosereaktion und mit Eisensalzen die Gerbsäurereaktion, ist aber nicht löslich in Wasser wie Gerbsäure und quillt mit Alkohol stark auf, was Cellulose nicht thut. Dippel (Bot. Zeit. 1867 S. 103) spricht von Milchsaftgefäßen bei dieser Pflanze, deren Inhalt einen rothen, fast gallertartigen und stark gerbstoffhaltigen Wandbeleg bilden kann.

Erwähnenswerth ist ferner die Bemerkung von Karsten (Vorkommen der Gerbsäure in den Pflanzen im Monatsb. d. Kgl. Akademie d. Wissensch. zu Berlin v. 2. Febr. 1857): Pettenkofers Meinung, daß der Gerbstoff in besonderer Beziehung zur Holzbildung stehe, ist gewiß nicht ganz unbegründet, da man sehr häufig gerade in den später verholzenden Zellen Gerbsäure antrifft.

sämmtliche Zellelemente der Rinde geworden. An Stelle der Stärke, die in der wilden Mohrrübe das ganze Rindengewebe anfüllt, auch im Holzkörper hier und da auftritt und bis auf 70 Proc. des Trockengewichtes steigt, ist in den guten Speiserüben der Zucker getreten, so daß dort nur Spuren von Stärke zu finden sind. Je feiner die Sorte, um so mehr schwindet der Stärkegehalt, wie bei den holländischen, blaßgelben und der Duwicker Carotte; von diesen finden sich allmälig Uebergänge nach der wilden Pflanze hin in jüngeren Kulturvarietäten, die als Futter benutzt werden, wie die Altringham-Möhre und die weiße Pferdemöhre. Von diesen Sorten finden sich auf magerem Boden Exemplare, die in der Regel im Herbst in Samen schießen und sich durch eine dünne, oft getheilte Wurzel auszeichnen, die durch ihre Verholzung sehr deutlich an die wilde Mohrrübe erinnern. Ebenso verhält es sich mit Wrucken, Steckrüben, Rettigen, Kohlrabi ꝛc.

Bei allen Wurzelgemüsen tritt das Verholzen regelmäßig auf, wenn sie zu alt werden und dann ist dieser Prozeß, wie in den früh verholzenden, schlechten Exemplaren ebenfalls von einem theilweisen Verschwinden des Zuckers begleitet.

VI. Verzwergung.

Kaum erwähnt zu werden braucht, daß die Dimensionen sämmtlicher Organe auf schlechtem, trocknem Boden kleiner werden, daß in Folge dessen äußerst kleine Exemplare im Verhältniß zu der gewöhnlichen Größe der Pflanzen entstehen. Man hat diese Verkleinerung der Pflanzen die Verzwergung genannt und versucht, dieselbe künstlich dadurch zu erzielen, daß man den Sämlingen die Samenlappen bald nach ihrer Ausbreitung fortnahm. In der Gärtnerei ist es oft wünschenswerth, größere Blüthensträucher recht zwerghaft zu erhalten und an diesen kleinen Exemplaren trotzdem viele Blüthenknospen zu erzeugen. Man hebt solche Pflanzen aus dem Boden und pflanzt sie in möglichst kleine Töpfe, beschränkt also ihren Ernährungsraum oder man hält im Frühjahr die Vegetation von Topfpflanzen künstlich zurück, indem man sie in kühlen, dunklen Kellern unterbringt. Wenn sie dann zu Anfang des Sommers in's Freie gebracht werden, haben sie sofort eine starke Beleuchtung und trocknere Luft. In Folge dessen werden die Laubtriebe sehr kurz und ihre Knospen enthalten mehr Blüthenanlagen.

VII. Fadenbildung der Kartoffeln.

Eine Ausartung der Kartoffeln wurde in neuester Zeit in Frankreich bei Poitiers beobachtet [1]). Dieselbe besteht in einer Verkümmerung der angelegten Augen

1) Annalen der Landw. 1873. Wochenbl. Nr. 16. S. 128.

bei dem Keimen der Knolle. An Stelle kräftiger Triebe entwickeln sich lange Fäden von der Dicke eines Zwirnsfadens. Die Knollen, welche sonst eigentlich besser an Stärkegehalt sind, wie die mit guten Keimaugen, verfaulen, wenn sie im Frühjahr in die Erde gebracht werden.

Wenn man sich sagt, daß die Entwicklung der Augen zu kräftigen Trieben bei reichem Nährstoffvorrath auf der Wasserzufuhr beruht, so wird hier zunächst die Annahme gestattet sein, daß die trockne Aufbewahrung der Knollen von schädlichem Einfluß für die Keimung ist, während sich bei unsern Kulturen eine solche als vortheilhaft erweist. Es wird also die entferntere Ursache schon in der Bildung der Knolle im vorhergehenden Jahre zu suchen sein. Frankreich hat vielfach einen heißen, wasserarmen Boden. Derselbe begünstigt den Stärkegehalt der Kartoffeln; er kürzt in trocknen Jahren die Vegetationszeit ab. Wenn in solchen Gegenden kein großer Stickstoffreichthum im Boden oder eine geringe Frühjahrsfeuchtigkeit eine nur beschränkte Nährstoffaufnahme gestattet hat, dann ist es wohl denkbar, daß die Anlage der Augen am unterirdischen Stengel eine mangelhafte ist, während alle Bedingungen, den Knollenkörper mit den von den Blättern erarbeiteten Kohlenhydraten zu füllen, gegeben sind. Wenn mehrere Jahre hinter einander dergleichen Einflüsse wirken, können obige Erscheinungen wohl auftreten.

VIII. Abstoßen der Blüthenknospen.

Ein Nachtheil, der in der Gärtnerei schmerzlich empfunden wird, giebt sich im Abstoßen der Blüthenknospen kund, wie dies namentlich bei den Kamellien im Winter eintritt. Hier ist ein vorübergehendes, zu starkes Austrocknen des Wurzelballens die Ursache. In Folge dessen findet vielleicht die Bildung einer ähnlichen Trennungsschicht an der Basis der Knospe statt, wie solche von Mohl und Wiesner im Herbst bei den Blättern bei abnehmender Wasserzufuhr beobachtet worden ist, und den Abfall derselben einleitet. Es würde dieser Vorgang auch den Umstand erklären, daß bei erneueter Wasserzufuhr die zwischen den Blüthenknospen stehenden Blattknospen zu früh geweckt werden, auszutreiben beginnen und nun die Blüthenknospen abstoßen.

IX. Honigthau.

Nach den bisherigen Beobachtungen muß eine Krankheit hierher gezogen werden, die unter dem Namen „Honigthau“ (Melligo, Mel aëris, Ros mellis) bekannt, aber vom Honigthau des Getreides vollständig verschieden ist. Die hier zu erwähnende Krankheit besteht in einem zuckerigen, kleberigen Ueberzug der Blätter verschiedener Pflanzen. Solche Erscheinungen sind häufig und seit langer Zeit beobachtet worden und man hat gefunden, daß der Honigthau auf Blättern, Blüthen und jungen Zweigen holziger und krautiger Pflanzen bald als glänzender,

gleichmäßiger Firniß, bald in Form gelblicher, zäher Tropfen, meist die Oberfläche der Theile überziehend, auftritt. Die Ursache ist noch nicht aufgehellt. Meyen[1]) erzählt darüber, daß eine Zeit hindurch die von Plinius ausgesprochene Ansicht Geltung gehabt, wonach der Honigthau als wirklicher aus der Luft fallender Thau anzusehen sei, der besonders in den Hundstagen auftrete und nicht blos die Pflanzen, sondern auch die Kleider der Menschen überziehe. Dem widersprach J. Bauhin, der darauf aufmerksam machte, daß nur einzelne Pflanzen oder Arten in einer Gegend krank würden. Trotzdem finden sich bis in dieses Jahrhundert hinein Angaben, wonach man ein Herabfallen von süßem Saft aus der Luft beobachtet hat und zwar ist dabei mehrmals bemerkt, daß der Thau durch die Baumkronen gefallen sei. Nachdem man die Abscheidung eines süßen Saftes aus dem After (nicht aus den Hinterleibsröhren) der Blattläuse beobachtet hatte, wurden diese als die Ursache der Krankheit angesehen, zumal man sah, daß Blattläuse und Honigthau sehr häufig gemeinschaftlich gefunden werden. Dem wurde aber zunächst entgegengestellt, daß die Blattläuse meist nur auf der Unterseite der Blätter, der Honigthau dagegen vorzugsweise auf der Oberseite auftritt; jedoch ist dies allerdings kein sehr sicherer Beweis, da die Blattläuse von der Unterseite des nächst höheren Blattes die Oberseite des darunterliegenden bespritzen können. Reaumur entwickelte eine, später von ihm selbst zurückgenommene neue Ansicht, indem er meinte, der Honigthau flösse aus den Wunden der Pflanzen, welche durch den Stich der Läuse hervorgebracht würden. An diese Meinung schließt sich die Angabe, daß der Honigthau ein in der Pflanze erzeugtes, krankhaftes Produkt sei, welches allmälig ausgeschieden würde. Gestützt ist dieser Ausspruch durch die sich immer mehrenden Beobachtungen von Honigthau an isolirten Pflanzen im Freien und im Zimmer, an denen keine Blattläuse sich vorfinden oder doch erst einige Zeit nachher auftreten. In dieser Beziehung interessant ist eine Beobachtung von Hartig im Jahre 1834. Ein Rosenstock, der nicht aus dem Zimmer gekommen, sonderte auf der oberen Epidermis der Blätter kleine Tröpfchen ab, aus denen der Zucker in rautenförmigen oder kubischen Krystallen sich ausschied. Dabei veränderte sich die grüne Farbe des Blattes in eine graue, was durch Verschwinden des Chlorophyll's im Mesophyll der secernirenden Stellen und durch Auftreten heller Tropfen in den Zellen bedingt wurde. Treviranus[2]) fand ebenfalls mehrfach solche zuckerige Ausscheidungen bei warmer, anhaltend trockner Luftbeschaffenheit, sowohl im Freien, wie in Gewächshäusern, an Weißpappeln, Linden, Orangenbäumen, Disteln (Carduus arctioïdes) und führt noch ältere Beobachtungen von Lobel, Pena, Tournefort u. A. an, wonach Honigthau auf Oelbäumen, Ahornarten, Wallnüssen, Weiden, Ulmen und Fichten vorkommt. Er und nach ihm Meyen haben sich

1) Pflanzenpathologie 1841. S. 217.
2) Physiologie der Gewächse 1838. Bd. II. Th. 1. S. 35—37.

überzeugt, daß die zuckerhaltigen Tropfen direkt von den Epidermiszellen ausgeschieden werden, wobei der erstere Beobachter noch hinzufügt, daß die Spaltöffnungen bei dieser Sekretion nicht betheiligt sind. Weitere Bemerkungen über Honigthau auf sehr verschiedenen Pflanzen, namentlich auf Eichen, lieferte später (Gasparrini [1]).

In neuester Zeit ist der Honigthau von Boussingault an den Linden und von Zöller [2]) an der Traubenkirsche (Prunus Padus) chemisch untersucht worden. Die qualitative Zusammensetzung beider Sekrete stimmt überein. Boussingault fand aber den zu zwei verschiedenen Zeiten gesammelten Honigthau in den Mengenverhältnissen der einzelnen Stoffe verschieden, woraus ersichtlich ist, daß nicht immer das Sekret quantitativ gleiche Zusammensetzung hat. Aber auch die Qualität scheint sich zu verändern, denn während Boussingault nur Rohrzucker (48—55 Proc.), Invertzucker (28—24 Proc.) und Dextrin (22—19 Proc.) fand, giebt Langlois auch im Honigthau der Linde außerdem noch Mannit (eine aus Wasser und Alkohol gut krystallisirende Zuckerart) als Bestandtheil an.

Wahrscheinlich verhalten sich die Honigthauarten auf den verschiedenen Pflanzen, wie Weiden, Eschen, Lärchen, Rhododendron, Nußbäumen, ähnlich in ihrer qualitativen Zusammensetzung; da man auch bei zuckerigen Ausscheidungen anderer Pflanzen, wie z. B. bei dem Manna der Bibel, dessen Entstehungsursache man im Stich von Coccus manniparus vermuthet, die gleichen Stoffe, wie bei dem Honigthau der Linde fand. Dieses Manna, das jetzt noch von den Mönchen auf dem Sinai gesammelt wird, stammt von einer Tamarix und enthält nach Berthelot 55 Proc. Rohrzucker, 25 Proc. Invertzucker.

In Betreff der Ursache dieser Ausscheidung, welche übrigens Boussingault nur auf den Flächen zwischen den Rippen, nicht auf diesen selbst austreten sah, wird auch von diesen letzteren Beobachtern betont, daß der Honigthau in sehr warmen und trocknen Jahren erscheint und nicht von Blattläusen herrühre, was Harting in neuester Zeit wiederum behauptet. Bestätigt wird in dieser Beziehung die Boussingault'sche Ansicht durch Follie [3]), der zuckerhaltige Ausschwitzungen in den Promenaden von Metz alljährlich beobachtet hat. Mit Beginn des Sommers fließt der Zuckersaft in Tropfen von den Blättern. Die untersten Blätter der Bäume werden zuerst von der Krankheit befallen, werden braun und fallen ab. Die untern Seiten der Blätter sind mit Blattläusen bedeckt, welche erscheinen, sobald der Zuckersaft zu fließen beginnt. Es können aber nicht die klimatischen Verhältnisse als einzige Ursache angesehen werden, sondern es muß noch eine Veranlassung da sein, die wahrscheinlich im speziellen Standort oder in der einzelnen Pflanze zu suchen ist, da bisweilen nur einzelne Individuen zwischen gesund blei-

1) Sopra la melata o trasudamento di aspetto gommoso etc. Bot. Zeit. 1864. S. 324.
2) Oekonom. Fortschr. 1872. Nr. 2. S. 39.
3) Chemisches Centralbl. 1872. S. 246.

benden Pflanzen erkranken. Möglich, daß, wie Hallier[1]) glaubt, eine Wurzelverletzung vorangeht; es dürfte aber wahrscheinlicher sein, daß die Wurzeln solcher Pflanzen arme, steinige Bodenschichten erreichen und nicht mehr im Stande sind, die normale Wasser- und Nährstoffmenge den besonders in heißer, trockner Jahreszeit stark transspirirenden und assimilirenden Blattorganen zuzuführen, wodurch eine Verwandlung der für andere Zwecke bestimmten Kohlenhydrate in Zucker stattfindet.

Daß intensive Beleuchtung dabei wirksam sein kann, geht aus einer Beobachtung von Raoult[2]) hervor, der die Umsetzung von Rohrzucker in Traubenzucker durch alleinigen Lichteinfluß nachwies.

X. Farbenänderung der Blätter.

Ferner ist hier der Farbenveränderungen grüner Pflanzentheile noch Erwähnung zu thun.

a. **Chlorosis.** Allgemein bekannt ist die gelbe Farbe der sonst grünen Pflanzentheile, welche im Dunkeln erzogen werden. Das Verfahren der Gärtner, durch Behäufeln oder Zusammenbinden der Pflanzen zarte Salate zu liefern, verdankt dieser Farbenänderung die Bezeichnung „Bleichen".

Diese Bleichung der Pflanzentheile in Folge von Lichtmangel heißt Chlorosis.

b. **Icterus.** Nicht so bestimmt läßt sich die Ursache für die Gelbsucht (Icterus) der Pflanzen angeben. Die Blätter verlieren hierbei in der Zeit der kräftigsten Vegetation ihre grüne Farbe und werden über die ganze Fläche gelb, bleiben aber meist bis zum normalen Laubfall an der Pflanze. Nach den Erfahrungen der Praxis zeigt sich die Erscheinung z. Th. bei Bodenarten, die an stagnirendem Wasser leiden, z. Th. bei altersschwachen Exemplaren, bei manchen Pflanzen in kalten Sommern, bei andern in sehr trocknen Sommern auf steinigem Boden und bei sehr intensiver Beleuchtung.

Wir haben es bei dem Icterus bestimmt mit einem Krankheitssymptom zu thun, das bei Störungen der normalen Funktionen durch die verschiedensten Ursachen auftritt und in seiner Gesammtheit gar nicht der Betrachtung unterzogen werden kann.

Eine Ursache des Icterus ist experimentell festgestellt worden. Es ist der Eisenmangel. Einen sehr in die Augen springenden Beweis citirt Treviranus[3]) in den von Brogniart bestätigten Versuchen von Gris, Vater und Sohn. Icterische Pflanzenblätter mit einem löslichen Eisensalze bestrichen, wurden grün; ja es ergrünten nur genau die Figuren und Buchstaben, die mit der Eisenlösung auf

---

1) Phytopathologie S. 93.

2) Referat v. Zöller in Oekonom. Fortschr. 1872. Nr. 3. S. 66.

3) Ueber den Wechsel des Grünen und Rothen in den Lebenssäften rc. Bot. Zeit. 1860. S. 285.

ein bleiches Blatt gezeichnet worden waren. In den auf diese Weise ergrünten Zellen hatten sich lebhaft grüne Chlorophyllkörner entwickelt, während der Inhalt der bleich gebliebenen Zellen aus einer schwach gelbgrünen Gallerte bestand. Neuere Beweise liefern die in Nährstofflösungen ohne Eisen gezogenen Pflanzen, die alle gelbsüchtig wurden und die bei Eisenzusatz ihre frischgrüne Farbe erhielten[1]).

Ein spezieller Fall, der durch seine praktische Bedeutung besondere Erwähnung verdient, ist die Gelbsucht des Weinstockes, über die E. Schulze[2]) neuerdings berichtet hat. Die Krankheit besteht darin, daß die Blätter der von ihr ergriffenen Rebstöcke im Laufe des Sommers gelb und später braun werden. Bei geringerer Erkrankung bleiben die Trauben klein, die Beeren schrumpfen und fallen von den Stielen ab; bei hochgradiger Gelbsucht geht das Rebholz und schließlich der ganze Stock zu Grunde[3]). Nach v. Babo ist als nächste Ursache eine Störung in der Stoffaufnahme anzusehen, die wahrscheinlich durch verschiedene entferntere Ursachen bedingt wird. Daß die chemische Bodenzusammensetzung nicht die Ursache abgeben kann, leitet sich aus den Resultaten von Analysen zweier Böden ab, von denen der eine gelbe kranke Stöcke, der andere gesunde trug. Die Analysen waren nämlich im Wesentlichen übereinstimmend. Was aber auf eine veränderte Wurzelthätigkeit hinweist, sind die Analysen von Blättern und Rebholz von gesunden und kranken Stöcken; letztere enthielten nur halb so viel Kali, aber mehr Kalk und Magnesia.

In Folge dieser Beobachtungen wurde bei gelbgewordenen Stöcken eine (an Kali reiche) Jauchedüngung vorgenommen, wodurch in der That gänzliche Heilung oder wenigstens ein günstigerer Verlauf der Krankheit erzielt wurde.

c. Albicatio. Wiederum verschieden in Ansehen und Auftreten ist die Weißfleckigkeit (albicatio) der Blätter. Hiermit soll der Zustand bezeichnet werden, den wir in der Regel unter den Begriff der Buntblättrigkeit bringen. Die von den Gärtnern gesuchte und durch Veredlung fortpflanzbare (theilweis sogar auf die Unterlage übertragbare) Erscheinung zeigt sich darin, daß einzelne Stellen, die bald kreisförmig im Diachym, bald als Streifen in der Nähe der Rippen, bald als zusammenhängende Zone längs des Blattrandes auftreten, weißgefärbt erscheinen. Der Grad der weißen Farbe ist verschieden. Vom reinsten Weiß bis zum Quittengelb zeigen sich die mannigfachsten Uebergänge, welche bei manchen Pflanzen

---

1) Knop, im Jahresb. d. Agrik.-Chemie 1868—69. S. 288, beobachtete bei solchen Versuchen, daß das in die Pflanze wandernde Eisen in dem Zellsaft nicht nachgewiesen werden konnte, also in einer gebundenen Form verbreitet wird. Im Jahre 1860 (Bot. Zeit. S. 357) stellten Weiß und Wiesner fest, daß Eisen nur in unlöslichen Verbindungen vorkommt und zwar sowohl im Inhalt als auch in der Wandung älterer Zellen.

2) Zeitschr. d. landw. Vereins d. Großherzogth. Hessen cit. im Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1872. Heft 8. p. 99.

3) Vergleiche Spicularia Icterus Fuck. bei den durch Pilze verursachten Krankheiten.

noch weitere Farbennüancen durch Auftreten rother Farbentöne liefern, wodurch d. die eigentliche Buntblättrigkeit (coloratio), Chromatismus erzeugt wird.

Das bekannteste Beispiel für diese Weißfleckigkeit dürfte das Bandgras unserer Gärten (Phalaris arundinacea L., Ph. picta L.) sein, bei dem die weißen Parthien abwechselnd als Streifen zwischen den Rippen auftreten. Noch auffallender, wenn auch seltener vorkommend ist eine Spielart des eschenblättrigen Ahorns (Negundo fraxinifolia), welche bisweilen eine ganz weiße Belaubung zeigt. Als Beispiel für das Auftreten der Buntfärbung, sowie der Weißfärbung sei die Familie der Aroideen genannt; unter diesen zeigt der häufig im Zimmer kultivirte Aronskelch (Richardia (Calla) aethiopica) Blätter, die oft so blendend weiß sind, wie die tütenförmige Blüthenscheide; an denselben schließen sich die Caladien, die Lieblinge unserer Warmhäuser, von denen einige nur weißgefleckt, andere weiß und roth und endlich eine dritte Art nur rothgefleckt ist. Es kommt ziemlich häufig vor, daß weißgefleckte Pflanzen auch rothfleckige Varietäten erzeugen und daß einzelne Blätter nur weißgesprenkelt, andere daneben auch röthlich gefleckt erscheinen, was schon darauf hinweist, wie nahe die albicatio der coloratio steht. Nachdem durch die Liebhaberei für diese Erscheinungen seit Jahren von den Gärtnern fleißig Material gesammelt worden, läßt sich jetzt behaupten, daß alle Pflanzen buntblättrige Formen zu bilden im Stande sind. Manche Blätter übertreffen die Blumen an Intensität der bunten Färbung, welche sich aber in der Regel in dem Kreise von Weiß, Roth und Gelb bewegt.

Während bei dieser Färbung der grünen Blätter die Meinungen noch getheilt sind, ob die albicatio wirklich ein abnormer Zustand sei und namentlich von den Praktikern dies geleugnet wird, giebt es andere Blattfärbungen, welche in der That vollständig in den Entwicklungsgang des Organs gehören, also normale Erscheinungen darstellen. Dahin gehört

e. die Herbstfärbung des Laubes. An die Herbstfärbung des abfallenden Laubes schließt sich die Winterfarbe, die die wintergrünen Gewächse annehmen.

Die Winterfärbung, über welche Mohl reichliche Beobachtungen geliefert, ist neuerdings von Kraus[1]) wieder dem Studium unterworfen worden. Entweder zeigt sich der Farbenwechsel, der gemeinhin wie bei der Herbstfärbung als Entfärbung (decoloratio) angesprochen wird, lediglich darin, daß der Pflanzentheil ein matteres Grün erhält; oder aber es treten rothe Farbentöne auf oder drittens, die Pflanzentheile erscheinen braun. Wir kommen auf die Ursachen dieser Erscheinung bei den Einflüssen der Witterung zu sprechen und erwähnen hier nur zunächst, daß Kraus diese Veränderungen mit dem Auftreten reichlicher Säuren im Zellsaft in Zusammenhang bringen möchte.

---

1) Ueber die winterliche Färbung immergrüner Gewächse in Sitzungsb. d. physik.-medic. Soc. zu Erlangen cit. in Oekonom. Fortschr. 1872. Nr. 1 u. 2.

Die Herbstfärbung ist neuerdings mehrseitig berührt worden. In seiner Arbeit über die Entlaubung der Holzgewächse im Winter bestätigt Wiesner[1]) zunächst die Untersuchungen von Mohl, wonach der Blattabfall dadurch bedingt wird, daß sich eine neue, bestimmt gestaltete Zellschicht an der Basis des Blattes (Trennungsschicht) im Herbst bildet. Die Herabsetzung oder gänzliche Hemmung der Transpiration im Herbst, hervorgerufen durch Erniedrigung der Temperatur, verminderte Lichtwirkung, Verminderung der Saugkraft des Blattes durch bestimmte Veränderungen der Gefäßbündel u. s. w. bewirkt eine „Stagnation" des flüssigen Zellinhalts der Blätter, deren weitere Folge das Entstehen organischer Säuren ist[2]), welche die Intercellularsubstanz der Zellen der Trennungsschicht und auch anderer Zellen auflösen. Die Zellen weichen dann aus einander, das Blatt fällt ab.

Nach Wiesner transpiriren die meisten sommergrünen Gewächse bei mittlerer Temperatur stärker, als Holzgewächse mit schwer abfallenden Blättern (wintergrüne Gehölze). Bei einem Sinken der Temperatur vermindert sich die Menge des verdampfenden Wassers bei den ersteren viel mehr, als bei den letzteren und deswegen hauptsächlich lassen jene das Laub schneller fallen, als diese.

Von chemischer Seite haben Chatin und Filhol[3]) Beobachtungen über die Herbstfärbung gemacht und gefunden, daß diese durch Oxydation einer sauerstoffbegierigen Substanz zuerst gelb und dann durch weitere Oxydation, welche nicht überall auftritt, roth erscheint. Schwefelige Säure und andere desoxydirende Mittel färben die rothen Blätter wieder gelb. Ebenso verhält es sich mit den gelben und rothen Fruchtvarietäten. Neben dieser gefärbt werdenden Substanz enthalten die Blätter einen Stoff, der durch Eisenchlorür schwarz wird; außerdem sind noch Tannin, Gallussäure, Quercetrin ꝛc. vorhanden.

Die Veränderung des Chlorophyllkörpers in dem zum Abfall sich vorbereitenden Laube ist nach Sachs[4]) ähnlich der Zersetzung in verdunkelten, kräftig vegetirenden Blatttheilen und den Vorgängen, welche sich bei der Fruchtreife monocarper Pflanzen in den Blättern vollziehen. Die Chlorophyllkörner verlieren zunächst ihre Stärkeeinschlüsse, werden gelb, formlos und verschwinden endlich ganz, wobei nur noch sehr kleine, gelbe, fettglänzende Körnchen zurückbleiben.

Nicht solche positive Anhaltspunkte finden sich für die Erklärung der weiß- und rothgefleckten Blätter. Das Einzige, was vorläufig mit Sicherheit bekannt, ist, daß in den dem Auge gelb oder weiß erscheinenden Stellen kein oder sehr

---

1) Landwirthsch. Versuchsstationen 1872. Bd. XV. Nr. 2. S. 144.

2) Treviranus erwähnt schon 1860 (Bot. Zeit. S. 286), daß Macaire, A. P. Decandolle und Schübler das Vorhandensein eines größeren Säuregehalts bei der herbstlichen Röthung der Blätter annehmen.

3) Compt. rend. Bd. 61. S. 371 cit. in Jahresb. d. Agrik.-Chemie 1865. S. 99.

4) Experimentalphysiologie S. 15.

wenig Blattgrün vorhanden ist. Bei den rothgesprenkelten oder gefleckten Blättern tritt dann noch ein rother Zellsaft, bisweilen vermischt mit rothen vollen Kugeln auf, welche das wenige Blattgrün gar nicht zur Geltung gelangen lassen. Wenn die Entstehung oder wenigstens der vollständige Charakter des Chlorophylls bekannt wäre, ließe sich der Sache schon näher treten. Leider ist dies trotz zahlreicher sehr gediegener Forschungen noch nicht der Fall und wir sind daher vorläufig auf die Hypothese verwiesen.

Wir stützen uns zunächst auf die Studien von Kraus[1]) über das Chlorophyll. Nach diesem Forscher besteht dasselbe aus zwei Farbstoffen, einem gelben (Xanthophyll) und einem blauen (Cyanophyll), die in ihrer Vermischung das Grün darstellen.

Das gelbe Pigment (Xanthophyll) ist das ursprünglich vorhandene und nach der spektroskopischen Untersuchung ist es nicht nur in den grünen Blättern, den meisten gelben Blumen, Früchten und Samen, sondern auch in den durch Lichtabschluß chlorotisch gewordenen Pflanzen vorhanden, also von sehr allgemeiner Verbreitung. Wahrscheinlich kommt dasselbe in mehrfachen Modifikationen vor[2]).

Die Grünfärbung der Pflanzentheile am Licht würde somit nur auf der Bildung des blauen Pigments (Cyanophyll) beruhen.

Mit Recht legen fast sämmtliche Physiologen das Hauptgewicht auf das Xanthophyll; dasselbe tritt auch durch die chemischen Untersuchungen in den Vordergrund.

Einige Forscher, wie Askenasy[3]), Micheli[4]), Campert[5]) bezweifeln sogar, daß der blaue Farbstoff überhaupt ein Spaltungsprodukt des Chlorophylls ist, und nothwendig zu demselben gehört. Campert vermuthet, daß die Unterschiede, welche die Spektra der Chlorophylllösungen verschiedener Pflanzen liefern, darauf beruhen, daß das Cyanophyll in wechselnden Mengen im Verhältniß zum Xanthophyll vorhanden ist.

Wir haben also zunächst das Hauptaugenmerk auf das Xanthophyll zu richten. Von seinen Eigenschaften ist Folgendes bekannt. Es ist in Alkohol, Aether und Chloroform löslich, in Wasser unlöslich, durch Zusatz von Salz- oder Schwefelsäure wird es meist smaragdgrün, spangrün bis indigoblau[6]). Doch ist diese

1) Sachs: Lehrbuch d. Bot. 1873. S. 666.

2) So findet Askenasy (Beiträge z. Kenntniß d. Chlorophylls &c. Bot. Zeit. 1867. Nr. 29 u. 30), daß der ätherische Auszug von verspillerter, in Alkohol aufbewahrt gewesener Gerste ein Spektrum giebt, welches demjenigen des in Blumen vorkommenden, in Wasser löslichen gelben Farbstoffs gleicht (durch vollständige Absorption von Blau und Violett), während nach Kraus die Xanthophylllösung etiolirter Pflanzen im Spektrum dem in Wasser unlöslichen gelben Blumenfarbstoff gleich ist.

3) A. a. O. S. 230.

4) Micheli: Quelques observations sur la matière colorante de la chlorophylle in Bot. Zeit. 1867. S. 342.

5) Referat v. Vries in Flora 1873. S. 53.

6) Der von Askenasy erhaltene Auszug wurde es nicht.

Färbung nicht etwa das in der Pflanze vorhandene Cyanophyll. Nach Micheli ist die nächste Einwirkung aller Säuren auf das Gesammtchlorophyll eine Zersetzung und Gelbfärbung. Die oben erwähnte spangrüne Lösung ist ein Kunstprodukt, das sich im Licht nicht zersetzt, wie eine Chlorophylllösung dies thut. Wenn man nämlich eine Chlorophylllösung der Luft und dem Lichte aussetzt, erleidet dieselbe eine Umwandlung, welche sich dem bloßen Auge durch Uebergang in eine bräunlich grüne Farbe kenntlich macht[1]).

Diese Umwandlung wird von Gerland[2]) für eine Oxydation des Chlorophylls angesehen, da sie nur unter Zutritt und Aufnahme von Sauerstoff vor sich geht, was Jodin schon vor mehreren Jahren gefunden und Campert in neuester Zeit bestätigt hat. Ebenso verhält sich die Xanthophylllösung gegenüber dem Sauerstoff. Auch hier findet eine durch Lichteinfluß begünstigte Sauerstoffaufnahme und Kohlensäurebildung statt. Das Spektrum des nach Fremy dargestellten Xanthophyll[3]) ist nach Askenasy dem einer normalen Chlorophylllösung, noch mehr einer solchen am Licht oxydirten oder modifizirten sehr ähnlich.

Das Xanthophyll, sowie das Chlorophyll erscheinen stets an das Protoplasma gebunden. Xanthophyll ist auch noch unverändert vorhanden, wenn bei der Winterfärbung der Blätter die Plasmakörnchen, an welche das Chlorophyll gebunden war, zerfallen, wobei nur der blaue Farbstoff eine Veränderung erleidet. Das Xanthophyll ist auch, wie es scheint, in den weißen Stellen der buntgefleckten Blätter anwesend; denn Campert[4]) erhielt aus den weißen, chlorophyllfreien Blättern vom eschenblättrigen Ahorn (Negundo fraxinifolia L.) eine alkoholische Lösung von blaßgelber Farbe, welche fast genau das Spektrum des Chlorophylls zeigte[5]).

Bei der großen Aehnlichkeit zwischen Chlorophyll und Xanthophyll in manchen Beziehungen und bei gewissen Darstellungsweisen, interessiren hier auch noch einige Untersuchungsergebnisse, die sich auf das Chlorophyll beziehen. Von demselben sagt Micheli[6]), daß alle Säuren die Farbe des Chlorophylls in Gelb verwandeln und Harsten[7]), daß Alkalien das Chlorophyll nicht verändern, sondern nur die Säuren; ja daß das Blattgrün sich selbst wie eine Säure (Fettsäure) verhält, die

1) Im Spektrum erscheint einer der vorhandenen Absorptionsstreifen verschoben und ein neuer tritt hinzu.

2) Bericht über die im Jahre 1872 in den Niederlanden veröffentlichten botanischen Untersuchungen von de Vries in Flora 1873. Nr. 4. S. 51.

3) Durch Schütteln einer ätherischen Chlorophylllösung mit Salzsäure.

4) Siehe Bericht von de Vries (Anm. 2) S. 52.

5) Mit Benzol geschüttelt, das bei normalem Chlorophyll den blauen Farbstoff aufnimmt (Kraus), wurde die Benzollösung gelb und zeigte ein anderes Spektrum als die blaue Benzollösung von Kraus.

6) A. a. O. S. 342.

7) Neue Untersuchungen über Chlorophyll cit. im Centralblatt für Agrikultur-Chemie 1872. Heft 11. S. 288.

mit Metalloxyden meist grüne, in Wasser unlösliche Verbindungen giebt, aus denen es mittelst Alkohol wieder ausgezogen werden kann[1]).

Zur weiteren Charakteristik ist noch wichtig, daß die Arbeit des bis jetzt isolirten Chlorophyllfarbstoffes nicht die Kohlensäurezersetzung ist; denn in diesem Falle müßte das Licht, welches durch eine Chlorophylllösung gegangen, keine Fähigkeit mehr besitzen, einen Reduktionsprozeß im Blatte einzuleiten. Dies ist aber noch, wenn auch schwach, der Fall. Es bleibt also noch zu erörtern, was die reichlich von einer Blattgrünlösung oder, was dasselbe ist, von einem grünen Blatte[2]) absorbirten Lichtstrahlen (vorzugsweise ultraviolette, violette und blaue) für eine Arbeit haben. Möglicherweise dient das vom Xanthophyll zurückgehaltene und in chemische Spannkraft umgesetzte Licht zur Bildung des Cyanophylls, also zur Herstellung des Ergrünungsprozesses. Dieser Prozeß scheint früher zu beginnen, als der der Kohlensäurezersetzung, denn Boussingault[3]) beobachtete, daß junge Blätter erst dann nachweisbar Sauerstoff ausscheiden, wenn dieselben bereits stumpf gelbgrün geworden, also schon mit der Chlorophyllbildung begonnen haben. Es läßt sich aber vorläufig nicht sagen, ob die Chlorophyllbildung durch einen Oxydations- oder Reduktionsprozeß bedingt wird; denn bei anderen Versuchen über das Ergrünen verspillerter Pflanzen bemerkte zwar Boussingault, daß dieselben erst dann Kohlensäure zerlegen, wenn sie bereits gelbgrün geworden, nimmt aber doch an, daß Ergrünungsprozeß und Zerlegung der Kohlensäure gleichzeitig ihren Anfang nehmen[4]).

Da wir den grünen Farbstoff in denjenigen Pflanzenzellen jedoch immer nur auftreten sehen, die den Reduktionsprozeß ausüben, so können wir annehmen, daß dieser Vorgang auf die Bildung des Blattgrüns von Einfluß ist und daß, wenn dieser Prozeß vermindert oder gar aufgehoben, auch die Chlorophyllbildung in demselben Maaße abnimmt. Wir stellen uns vor, daß der bei eintretender Beleuchtung beginnende Reduktionsprozeß sich in der Bildung von Blattblau aus dem schon früher vorhandenen Blattgelb zunächst geltend macht und auf diese Weise Chlorophyll darstellt.

Die Chlorophyllbildung scheint an eine reichliche Menge bestimmt zusammengesetzten Protoplasma's gebunden zu sein. Es braucht dabei nicht immer Protoplasma in der gewöhnlichen Form aufzutreten, denn wenn es z. B. in den Kartoffelstengeln und Blättern in Körnern erscheint, die sich grün färben, so erscheint es in grüngewordenen Knollen in der centralen nicht differenzirten Plasmamasse ver-

---

1) Fremy sieht sein Phyllocyanin (Cyanophyll) für eine Fettsäure, das Phylloxanthin (Xanthophyll) für das dazu gehörige Glycerin an (Compt. rend. Bd. 61 S. 188. cit. in Jahresbericht f. Agrik.-Chem. 1865. S. 98.

2) Hofmeister: Lehre v. d. Pflanzenzelle 1867. S. 375 citirt die Beobachtung von Stockes, daß chlorophyllhaltige Blätter dieselben Absorptionserscheinungen zeigen, wie eine Chlorophylllösung.

3) Compt. rend. Bd. 68. S. 410. cit. in Jahresb. f. Agrik.-Chemie 1868—69. S. 267.

4) A. a. O. S. 267.

theilt, die die oft sternförmig in der Mitte zusammengezogenen, in der Auflösung begriffenen Stärkekörner umgiebt.

Eine mangelhafte Protoplasmabildung dürfte nun den bunten Blättern theilweis zu Grunde liegen. Sehr häufig erscheint die weiße oder rothe Färbung in den Zellen, welche unmittelbar an den Rippen liegen. Diese Zellen sind die am spätesten entstandenen, die jüngsten, und es macht den Eindruck, da hier die Körner fehlen, welche in den grünen Parthien die Träger des Chlorophylls sind, als wenn für diese letztgebildeten Zellen die Zufuhr der durch das Gefäßbündel zugeführten Nährstofflösung nicht mehr hinreichend gewesen wäre und in Folge dessen die älteren Blattzellen nicht mehr im Stande waren, plastisches Material genug für die reichliche normale Ausstattung der jüngeren Zellen zu erarbeiten.

Diese Ansicht wird dadurch gestützt, daß buntblätterige Pflanzen, die man in recht reichliche Ernährungsverhältnisse bringt, häufig dann durchgängig grüne üppige Blätter entfalten [1]).

Dieser letztere Punkt war bestimmend, die Farbenabweichungen hier zu behandeln und in denselben ein Symptom für eine geschwächte Nährstoffzufuhr zu erblicken [2]).

1) Das Auftreten der rothen Färbung an solchen Mangelpflanzen mit weißen Flecken und Streifen wird sich dann durch eine Spaltung des Xanthophylls, welches nach Campert in den weißen Blättern entwickelt erscheint, erklären lassen, wobei Gerbstoffe auftreten. Eine solche Spaltung ist denkbar, wenn man in dem Xanthophyll, das nach Jodin stickstofflos ist, einen Körper aus der Glycosereihe annimmt, etwa ein Phloroglycosid im Sinne von Hlasiwetz (Annal. d. Chem. u. Pharmazie Bd. 143. S. 270), das sich allmälig in immer einfachere Verbindungen spaltet, unter denen Gerbsäuren und jene braunrothen amorphen Massen, welche als Phlobaphene bezeichnet werden. Aus den Untersuchungen von Rochleder, Hlasiwetz u. A. wissen wir, daß die Körper der Gerbsäuregruppe entweder selbst schon rothgefärbte Verbindungen darstellen oder durch Einwirkung von Säuren, durch direkte Berührung mit der Luft ꝛc. rothe Farbstoffe bilden.

Solche Spaltung des Xanthophylls und Bildung von Gerbstoffen tritt bei steigernder Bildung von Säuren im Herbste normal auf, wie wir gesehen haben bei der Herbstfärbung der Blätter. Eine solche Spaltung erklärt die Rothfärbung frischer grüner Pflanzentheile, deren inneres Gewebe durch Verletzung dem freien Luftzutritt bloßgelegt wird. Auch die Färbung der Blumen (bei denen in den gelben wenigstens Xanthophyll nachgewiesen und Gerbstoffe mehr oder minder reich angetroffen werden) dürfte hierher zu rechnen sein, wobei zu einer solchen Spaltung nicht wenig der energische Oxydationsprozeß der Blumenblätter in Betracht zu ziehen ist. Wenn man den ungefärbten alkoholischen Auszug gelber Hyacinthenglocken mehrere Tage an der Luft stehen läßt, wird derselbe roth.

Ursprünglich treten die Gerbstoffe innig gemengt mit dem Protoplasma in den jüngsten Geweben als Zellinhalt auf; in älteren Zellen finden sie sich in den Wandungen, namentlich den stark verdickten der Holz- und Bastzellen. Sie treten oft ungefärbt auf und spalten sich erst nachher durch längere Berührung mit der Luft oder durch Einwirkung von Säuren, wobei ein rother Farbstoff zum Vorschein kommt, wie bei der Mehrzahl unserer Bäume und namentlich bei den tropischen Farbhölzern.

2) Bei Blättern, die zufällig halbseitig weiß sind, ist die weiße Hälfte nicht selten kleiner. Ich besitze ein Exemplar von Cichorium Intybus, welches gänzlich derartig genau halbseitig weiß war, daß die Pflanze durch eine scharfe Trennungslinie in eine grüne und weiße Hälfte zerlegt wurde. Die Blätter, welche auf der weißen Seite liegen, sind kleiner und diejenigen, bei denen

XI. Verscheinen des Getreides.

Lediglich durch Wassermangel läßt sich die Krankheit erklären, die wir das Verscheinen des Getreides nennen. Bei dieser Krankheit unterbleibt die Ausbildung der Körner in Folge von nicht genügender Wasserzufuhr. Nach den vielen exacten Versuchen Hellriegels wird nicht immer der Wassermangel das Verscheinen verursachen. Es kommt hierbei wesentlich auf die Entwicklung der Pflanze an zu der Zeit, in welcher die Bewässerung aufhört. Wenn, wie in den Versuchen ausgeführt wurde, eine Getreidepflanze von erster Jugend an nur ein geringes Wasserquantum zur Verfügung hat, so bildet sie alle ihre Organe in derselben, vielleicht sogar in noch etwas längerer Zeit aus, wie die mit reicher Bewässerung versehene Pflanze; jedoch ist die ganze Produktion schwach. Das Verhältniß der geernteten Körner zur Gesammttrockensubstanz ist aber immer das normale, d. h. die Hälfte Trockensubstanz ungefähr wird in Form von Körnern geerntet. Wie bei allen Vegetationsbedingungen ist auch hier eine unterste Grenze; hält sich die Wasserzufuhr unter derselben, findet überhaupt keine nennenswerthe Produktion statt.

Tritt ein bedeutender Wassermangel gleich nach der Keimung ein, so bleiben die Körner lange (im Versuch bis 6 Wochen lang) lebendig und entwickeln sich nach dieser Zeit kräftig bei reichlicher Wasserzufuhr weiter. Noch weniger schädlich erscheint eine Durstperiode, wenn die Körner milchreif sind, also ihre normale Größe erreicht, aber ihren innern Ausbau noch nicht beendet haben. Die Arbeit der Pflanze, welche zu dieser Zeit überhaupt keine neue Trockensubstanz mehr bildet, besteht in der Umwandlung und der Fortführung der im Blatt erzeugten Substanz nach den Reservestoffbehältern, den Samen, hin.

In allen zwischen der Saat- und Reifeperiode liegenden Entwicklungsphasen wirkt Wassermangel schädlicher und die Folgen sind um so tiefer eingreifend, je jugendlicher noch die Pflanze bei Eintritt der Durstperiode ist. Wenn in der Zeit des kräftigsten Schossens eine längere Trockenperiode eintritt, so kann die Pflanze diesen Schaden nicht mehr ausgleichen. Die Folgen längerer Trockenheit sind um so empfindlicher, je mehr Wasser die Pflanze in der Jugend gehabt hat und wenn sich eine Pflanze bei reichlicher Bodenfeuchtigkeit bis zum Blüthenansatz üppig entwickelt hat und es folgt jetzt eine größere Durstperiode, dann geht der Körneransatz zu Grunde; es kann ein mehr oder weniger umfangreiches Fehlschlagen der Körnerernte eintreten, was wir als „Verscheinen" des Getreides bezeichnen.

---

die Trennungslinie grade die Blattfläche in zwei Theile zerlegt, zeigen die weiße Hälfte kleiner und weniger entwickelt, wodurch die grüne Hälfte eine halbmondförmige Krümmung um die weiße Hälfte macht. Eine Ausnahme scheint nur bei weißblättrigen Hortensien vorzukommen, deren rein weiße Blätter bisweilen die grünen an Größe übertreffen. Vielleicht wird dort das Material für die Chlorophyllkörner zur Vergrößerung der Zellwände verbraucht.

XII. Verfrühtes Vertrocknen des Laubes.

Namentlich da, wo Bäume und Sträucher in verhältnißmäßig flacher Krume über Felsgrund oder hochgelegenen festen Bodenschichten liegen, zeigt sich die Erscheinung, daß der Laubkörper bei anhaltender Trockenheit vollständig oder größtentheils vorzeitig abdorrt. Die Blätter fallen dabei nicht ab, sondern bleiben meist (ähnlich den Eichen- und Hainbuchenblättern, bei denen die Basis der Blattstiele wintergrün, mithin dieser Zustand normal ist) den ganzen Winter hindurch am Zweige sitzen. Der Schaden, der durch dieses verfrühte Abtrocknen des Laubkörpers der Pflanze zugefügt wird, stellt sich nach den neuesten Untersuchungen von Kraus[1]) weit bedeutender heraus, als man bisher vermuthet. Man glaubte, es bestehe vorzugsweise die Schädigung in dem vorzeitigen Aufhören der Blattarbeit und der damit verbundenen geringeren Holzbildung u. s. w. Es hat sich aber durch die Untersuchungen von Kraus erwiesen, daß neben diesem Mangel an Zuwachs auch ein positiver Substanzverlust eintritt, der viel größer ist, als bei einer normalen herbstlichen Entlaubung. Die durch Dürre getödteten Blätter verhalten sich nämlich nicht so, wie die im Herbst abfallenden Organe. Letztere haben die Mehrzahl der für die Pflanzenkörper noch verwendbaren Stoffe allmälig an den Stamm abgegeben und sich endlich durch eine rundzellige Trennungsschicht losgelöst; die verdorrten Blätter, bei denen sich keine Trennungsschicht bildet, behalten ihre stickstoffhaltigen Bestandtheile nebst der Phosphorsäure und nur die Stärke sammt dem Kali gelangt vor dem Tode des Blattes in den Stamm zurück. Durch das verfrühte Vertrocknen des Laubes gehen den Pflanzen nahezu doppelt soviel Stickstoff und Phosphorsäure verloren als durch den herbstlichen Laubfall.

XIII. Frühreife des Obstes.

Einen interessanten Beleg für den Einfluß des Wassermangels im Boden auf die Ausbildung des Obstes giebt Fickert[2]). Der trockne Nachsommer des Jahres 1862 reifte das Sommerobst um 8—14 Tage früher als gewöhnlich, die Früchte hielten sich aber auch nicht so lange, wie in andern Jahren. Das Winterobst dagegen wurde durch den Wassermangel weniger saftig und überhaupt an Güte geringer, es reifte später (einzelne Sorten um ein Vierteljahr später), hielt sich aber auch länger.

Zur Beseitigung aller hier angeführten Erscheinungen lassen sich keine allgemeinen Vorschriften geben. Es muß jeder einzelne Fall geprüft und dann

---

1) Bot. Zeit. 1873. No. 26 und 27.

2) Monatsschrift für Pomologie und praktischen Obstbau von Oberdieck und Lucas 1863. S. 272.

mit den gegebenen Mitteln die Bekämpfung des Uebels angebahnt werden. Bald wird es möglich sein, eine künstliche Bewässerung einzuführen, bald rentabler erscheinen, die physikalische Bodenbeschaffenheit in gewünschter Richtung zu ändern oder endlich die Bestellung zu wechseln.

§. 3. Nährstoff- und Wasserüberschuß.

Je befremdender es für den ersten Augenblick erscheinen mag, von einem Nährstoffüberschuß als Krankheitsursache zu sprechen, um so nothwendiger ist es, auf diesen Punkt hinzuweisen, weil er es namentlich ist, der die Veranlassung für einzelne dem Kulturzweck zuwiderlaufende Bildungsrichtungen der Pflanze giebt. Es läßt sich auch hier wiederum nicht die Wasserfrage von der Nährstofffrage trennen, da das Wasser nicht blos direkter Nährstoff, sondern auch nothwendiger Träger für die andern Nährstoffe ist.

I. Geilstellen.

Das bekannteste Beispiel für Nährstoffüberschuß geben die Wiesenpflanzen der Geilstellen. Es tritt durch das Harnlassen der Thiere eine vorzugsweis reiche Stickstoffdüngung ein und dieselbe macht sich durch üppigere Laubentfaltung geltend. Die Pflanzen haben nach Weiske[1]) nahezu doppelt so viel Proteïnsubstanzen, aber etwa $^1/_4$ weniger stickstofffreie Nährstoffe als die daneben stehenden nicht überdüngten Pflanzen. Demgemäß fanden sich in der Asche der ersteren mehr Alkalien, Magnesia und Schwefelsäure. Die Pflanzen solcher Geilstellen bleiben trotz ihres größeren Volumens in einem zu jugendlichen Zustande und würden bei großer Ausdehnung solcher überdüngter Stellen mehr Schaden als Nutzen gewähren.

Wenn solche durch zu starke Düngung in der Entwicklung ihrer vegetativen Organe gesteigerten Pflanzen Zeit gewinnen, vollkommen auszureifen, wenn also ihre ganze Entwicklung noch in die für sie günstigste Jahreszeit fällt und die Wirkung des Düngers eine schnell vorübergehende war, können sie eine einträgliche gute Ernte liefern. In der Regel aber wird durch die übermäßige Laubentwicklung der Zeitraum ausgefüllt, wo die Beleuchtung und Erwärmung noch intensiv genug sind, um eine normale Ruheperiode in der Stoffaufnahme eintreten zu lassen, in welcher die Stoffverarbeitung und Wanderung nach den angelegten Reservestoffbehältern (Samen, Knollen 2c.) vor sich geht. Die Folge ist die mangelhafte oder gänzlich unterbleibende Entwicklung dieser Organe. In dieser üppigen Entwicklung des Laubkörpers liegt ein Grund für die Unfruchtbarkeit der Obstpflanzen. Namentlich macht sich dies bemerklich bei Erdbeeren, die lange Zeit gut

1) Annalen d. Landwirthschaft. 1871. Wochenblatt S. 310.

getragen und dann plötzlich in sehr stark gedüngtes Land gesetzt werden[1]). Wenn die Kultur aber grade auf die Erlangung derselben hinstrebt, wie z. B. bei Kartoffel- und Getreidebau, so bildet die übermäßige Düngung eine Krankheitsursache. Etwas anderes ist es, wenn in der möglichst üppigen und zarten Entfaltung des Laubkörpers der Kulturzweck liegt, wie bei dem Anbau der Kohlgewächse. Hier wird starke frische Düngung am Orte sein, während bei den Kartoffeln fortwährende Bildung beblätterter Sprosse und kein Knollenansatz die Folge sein würde.

II. Kräuselkrankheit der Kartoffeln.

Auf sehr starke Düngung wird auch die Kräuselkrankheit der Kartoffeln zurückzuführen sein. Die Krankheit, welche nach Kühn[2]) zuerst im Jahre 1770 in England, 1776 in Deutschland epidemisch auftrat und außerordentlichen Schaden verursachte, besteht zunächst in einer Verfärbung des Laubes, das nicht mehr das frische Aussehen wie an der jungen Pflanze besitzt. Der Hauptblattstiel zeigt sich meist nach unten gebogen oder vollständig eingerollt; die einzelnen Blattabschnitte sind gefaltet, wellig hin und her gebogen, mit braunen, meist länglichen Flecken versehen. Letztere dehnen sich auf die Hauptrippe des Blattes und endlich auf den Stengel aus. Zuerst sind nur die oberflächlichen Zellen der Flecke braun; später geht die Erkrankung des Gewebes tiefer in's Innere und im Stengel bis auf den Markkörper. Dabei ändert sich die Stengelbeschaffenheit von der normalen Biegsamkeit bis zur glasartigen Sprödigkeit. Dazu zeigt sich nach Schacht[3]) eine sehr reichliche Zuckerbildung in den kranken Zellen. Wenn sich solche Pflanzen bis zur Ernte wirklich lebendig erhalten, zeigen sie doch gar keinen oder höchst spärlichen Knollenansatz.

Man hat die Krankheit für eine Degeneration der Knolle in Folge zu lange anhaltender ungeschlechtlicher Vermehrung erklären wollen und gemeint, daß frisch aus Samen gezüchtete Sorten nicht erkrankten. Die Ansicht hat sich als völlig irrig erwiesen, da ganz junge Sorten in Sämlingsexemplaren zu Grunde gingen. Es zeigte sich diese Erscheinung nach mehrtägigem Regen zu Ende Juni oder Anfang Juli. Dieser Umstand spricht ebenfalls für die Ansicht, daß eine reichliche Bodenlösung nicht genügend von der Pflanze verarbeitet worden ist.

Wenn es, wie die Praxis behauptet, nun nicht zu umgehen ist, daß zu Kartoffeln gedüngt werde, so wird man doch zur Vorbeugung größerer Verluste möglichst verrotteten Dung anzuwenden und vor allen Dingen gut drainirtes Land oder leichten Boden und hohe Lage für Kartoffeln auszusuchen haben.

---

1) Oberdieck in Monatsschrift für Pomologie 1863. S. 280.

2) Krankheiten der Kulturgew. 1858. S. 200 und Berichte aus dem physiol. Laborat. d. landw. Inst. zu Halle. Heft I. 1872. S. 90.

3) Bericht an das Kgl. Landesökonomiecollegium über die Kartoffelpflanze und deren Krankheiten 1854. S. 11.

III. Durchwachsen der Kartoffeln.

Eine andere Krankheit, welche auch dann eintritt, wenn kein übermäßiger Düngungszustand für die gebaute Frucht vorhanden ist, stellt sich in dem Durchwachsen der Kartoffeln dar. Dieses Durchwachsen zeigt sich darin, daß die Knollen noch am Mutterstocke die Augen, welche im nächsten Jahre austreiben sollen, schon in diesem Jahre zu Trieben entwickeln, welche entweder schlank, dünn und blättertreibend, oder aber kurz und dick sind und unmittelbar als kleine Knollen an der großen sitzen (Kindelbildung). Die Erklärung für diese Erscheinung liegt sehr nahe. Die Kartoffelstaude entwickelt, nachdem sie einige Zeit kräftiges Laub gebildet, allmälig die Spitzen oder Seitenaugen der unterirdischen Triebe zu Knollen, welche die erarbeitete Stärke aufspeichern. Je trockner die Sommerzeit, um so schneller reift die Knolle aus, indem sie bei mäßiger Vergrößerung und Vermehrung ihrer Zellen auch die Stärkekörner in den Zellen vergrößert und die Zellwände verdickt. Allmälig verlieren die Zellwände mit Ausnahme der jugendlichsten Zellen des Auges die Fähigkeit, sich bedeutend zu strecken.

Wenn nun nach längerer Trockenheit und vorgeschrittener Reife ein bedeutender Wasserauftrieb in die Knolle gelangt, wird der Druck des durch reichliche Wasseraufnahme vermehrten Zellinhalts sich namentlich in den jungen Zellen des Auges geltend machen und ihre noch leicht dehnbaren Wandungen strecken, d. h. das Auge wird sich verlängern, grade so wie im Frühjahr durch den Wasserdruck das Austreiben der Augen unserer Bäume theilweis mit bedingt wird. So entstehen aus den Augen der Knolle junge Zweige, welche bei dauerndem Wasserzufluß durch anhaltend feuchte Witterung sich verlängern, bis sie die Bodenoberfläche erreichen und sich nun zu beblätterten Trieben ausbilden. Dies ist der seltnere Fall. In der Regel sind es vorübergehende Regenperioden, welche einen kurz dauernden Wasserauftrieb in der Knolle hervorrufen; dann bleibt der Trieb kurz und verdickt sich zur sekundären Knolle (Kindel).

Daß die Zellen mit der Reife der Knolle ihre Dehnbarkeit verlieren, sieht man recht deutlich an der Korkschale, die bei jungen Knollen immer glatt ist. Wenn die Knollen recht reif sind, ist die Schale rauh, weil die zuerst dicht mit einander verbundenen Zellen der Korkschale dem Druck des sich ausdehnenden Parenchyms der Knolle nicht mehr durch Dehnung der Wandungen folgen konnten, sondern an zahlreichen Stellen aufgesprengt und durch die vielen Risse schuppig werden. Unter den Rißstellen haben sich neue Korkzellen gebildet. Das Eintreten des Rissigwerdens der Schale hängt natürlich von der Sorte ab. Je rissiger bei sonst glattschaligen Sorten eine Knolle ist, um so reifer und stärkereicher ist dieselbe.

Das Durchwachsen der Knollen hat nun in vielen Fällen insofern einen schädlichen Einfluß, als sich dadurch die Quantität Stärke, die wir als Bodenrente ent-

nehmen, in schlechter verwerthbarer Form darstellt. Man erhält neben den großen Knollen eine Menge kleiner, die weniger reif und daher stärkeärmer sind. Die einmal gebildeten Knollen werden nach den Untersuchungen von Kühn[1]) und Weidner[2]) durch das Kindelbilden nicht ärmer an Stärke. Diejenige, welche in den sekundären Knollen sich vorfindet, stammt nicht aus den Mutterknollen, sondern ist neu in den Blattorganen gebildete und von dort herabgewanderte. Nur bei den Stöcken, deren Kraut schon abgestorben ist, bringt plötzlich erneuete Wasserzufuhr die Kindelbildung auf Kosten des Stärkegehaltes der alten Knolle hervor. Beide, Mutter und Kind haben erst den Stärkegehalt einer nicht durchwachsenen Knolle.

IV. Schorf der Kartoffeln.

Zu große Nässe erzeugt auch den Schorf der Kartoffeln, der in einer übermäßig gesteigerten Korkbildung besteht. Die zusammenhängende mauerförmige Korkschicht, welche die normale Kartoffelschale darstellt, wird dadurch verändert, daß die sonst tafelförmigen Korkzellen blasig aufschwellen und rundlich werden. Das unter der Schale liegende Gewebe entwickelt neue Korkzellen, welche die älteren in die Höhe treiben. Reicht die Verkorkung sehr tief in den Rindenkörper der Knolle, so kann dadurch ein bedeutender Substanzverlust bedingt werden. Außer Nässe dürften noch stickstoffreiche Düngemittel und Eisenoxyd im Boden als den Schorf begünstigende Umstände angesehen werden[3]). Betreffs der Nässe liegt eine experimentelle Bestätigung in den Arbeiten von Nobbe[4]) vor. N. fand bei Wasserkulturen der Kartoffel, daß die in Wasser gezogenen Knollen von früher Jugend an kleine Wärzchen durch örtlich verstärkte Korkbildung erzeugen, die den Luftknollen fehlen.

V. Aufspringen fleischiger Pflanzentheile.

Das plötzliche Auftreten erneueter starker Wasserzufuhr nach längerer Trockenheit bedingt auch das Aufreißen oder Aufspringen fleischiger Wurzeln, Stengel und Früchte. Am bekanntesten ist das Aufspringen an Kohlrabi, Mohrrüben- und Petersilienwurzeln. Auch hier kann das äußere Gewebe dem schnellen Ausdehnungsbestreben des innern Parenchyms nicht folgen. Die Wunden schließen sich dann durch Korkbildung. Experimentell wies Hallier[5]) diesen Vor-

1) Zeitschrift d. landw. Centralver. der Prov. Sachsen 1868. S. 322.
2) Annalen des Mecklenburg. patriot. Ver. 1868. Nr. 39.
3) Kühn: Krankh. d. Kulturg. 1858. S. 223.
4) Versuchsstationen 1864. S. 58.
5) Phytopathologie, S. 87.

gang an Petersilienwurzeln nach, indem er solche einfach in Brunnenwasser hängte und am dritten Tage darauf den ganzen in Wasser befindlichen Theil aufgesprungen fand[1]).

VI. Vorzeitige Samenbildung.

Eine weitere, häufig sehr unangenehme Folge starker Regengüsse nach anhaltender Trockenheit ist das „in Samen schießen“, d. h. die Entwicklung der Blüthe von zweijährigen Kulturpflanzen schon im ersten Jahre der Kultur. Solche zweijährige Pflanzen, wie die Runkelrüben, die Kohlrüben, Mohrrüben, Sellerie 2c. erfüllen dadurch erst ihren Zweck für unsern Haushalt, daß sie im ersten Vegetationsjahre in irgend einem Theile ihres Körpers die Stoffe in Form von Stärke, Oel oder Zucker 2c. niederlegen, die im zweiten Jahre zur Bildung der Blüthe Verwendung finden sollen. Diese Eigenthümlichkeit erhält sich durch die Kultur, welche die durchschnittlich warme und trockene Sommertemperatur benutzt, die Arbeitsprodukte der Blätter in den rübenartigen Wurzeln oder Stengeln aufzuspeichern. Der Reservestoffbehälter, der hier vorzugsweise häufig als rübenförmige Wurzel erscheint, geht, wie die Kartoffelknolle, einem allmäligen Reifezustande entgegen, wo die Stoffaufnahme nicht mehr die Stoffumwandlung und den Stofftransport überwiegt. Solcher Reifezustand tritt um so früher ein, je mehr eine trockne warme Witterung die Verdickung der Zellmembran begünstigt, wobei die Dehnbarkeit vermindert wird. Wenn dann eine plötzliche Wasserzufuhr die Vegetation zu neuer Energie anregt, so ist der Zustand der Pflanze ein anderer, wie im feuchten Frühjahr, wo die Hauptthätigkeit der jungen Pflanze, nämlich die schnelle Ausbildung des Wurzelkörpers und die damit verbundene reiche Nahrungsaufnahme, die Zellvermehrung begünstigen und wo sämmtliche Zellmembranen noch dehnbar sind. Auch hier wirkt der erneute Wasserauftrieb namentlich bei reichlich löslicher Bodennahrung auf die jungen, noch streckbaren Zellpartien am meisten ein. Die jugendlichen Gewebe treten in neue Zellvermehrung. Das Herz der Wurzel beginnt zu wachsen und nun den Blüthenstengel zu treiben. Dieses Austreiben geht meist auf Kosten der im Rübenkörper gespeicherten Nahrung.

Die in Samen geschossenen Pflanzen sind am besten alsbald ganz zu entfernen; wenigstens mag man, wenn die Wurzeln noch Verwendung finden sollen, solche bald verbrauchen, weil sie viel leichter zum Faulen geneigt sind, wie nicht geschoßte. In den Zuckerfabriken sollen die geschoßten Runkeln meist zuerst verarbeitet werden.

---

1) Eine verwandte Erscheinung ist auch das Aufspringen sehr üppiger Rapsstengel kurz vor der Blüthezeit.

VII. Ungewöhnliche Rübenbildung.

Unter Umständen werden durch eine sehr reiche Ernährung an Pflanzen Rüben ausgebildet, welche im normalen Zustande keine besitzen. Von einzelnen Sauerklee- (Oxalis-) Arten, die in Gärten kultivirt werden, ist es bekannt, daß einzelne Wurzeln rübenförmig anschwellen; weniger scheint dies von Hyacinthen bekannt zu sein. Die Zwiebeln sind für ihr Alter klein, aber sonst normal; eine oder zwei ihrer Wurzeln sind zu glashellen, stellenweise runzlichen, etwa 8 Mm. dicken und bis 90 Mm. langen Rüben ausgewachsen, von denen es auffallend ist, daß sie gar keine Stärke enthalten, während die Zwiebel selbst sehr reich daran ist. Die verhältnißmäßig geringere Größe des Zwiebelkörpers wird wahrscheinlich durch die übermäßige Ausbildung (Hypertrophie) der einzelnen Wurzelfasern zu Rüben bedingt. Es zeigt sich sehr häufig bei Hypertrophie des einen Organs Atrophie eines andern.

VIII. Wasserreiser.

Eine derartige ungleiche Ausbildung, die auf zu großen Wassergehalt des Bodens mit undurchlassendem Untergrunde zurückgeführt wird, ist das Erscheinen der Wasserreiser, Wasserloden bei den Bäumen, namentlich bei den durch künstlichen Schnitt ruinirten Obstbäumen. Wir betrachten diesen Zustand als einen Anfang von Wassersucht (Hydrops). Man versteht unter Wasserreisern oder Räubern ungemein kräftige, mit langen Internodien versehene senkrecht aufwärts strebende Laubtriebe, die aus alten Aesten oder Stämmen entspringen. Häufig zeichnen sich die mit Flechten überzogenen Stämme durch reichliche Räuberbildung aus. Da dieselben in die Mitte der Krone hineinwachsen, so erzeugen sie grade an denjenigen Stellen Holz und zwar unfruchtbares Holz, die man möglichst astfrei haben möchte, damit genügend Licht und Luft dem Innern der Baumkrone zu Theil werden können. Räuber zu entfernen, wird aber nicht rathsam erscheinen, wenn die Ursache dieser Bildungen nicht gleichzeitig gehoben wird. Diese Ursache wird in den meisten Fällen in einem undurchlassenden Untergrunde zu suchen sein. Die Wurzeln des starken Baumes gelangen früher oder später auf diese undurchdringliche Schicht, die sich nicht selten als eine Ader eisenschüssigen, sehr fest verkitteten Sandes erweist. Dadurch wird die Nahrungsaufnahme beschränkt; der Baum macht kurze Triebe, kleinere Blätter, trägt aber dabei noch Früchte. In einem warmen feuchten Sommer oder Frühjahr, in welchem alle Bäume starke Laubtriebe machen, scheint die Energie des geschwächten Baumes durch die günstigen Vegetationsbedingungen ebenfalls gesteigert. Der starke Wasserauftrieb bildet Adventivknospen oder reizt schlafende Augen und zwar in der Regel solche, die nicht allzuweit von der Mittellinie des Stammes entfernt sind; denn der Wasserauftrieb und damit die Ernährung ist in der senkrechten Richtung viel energischer, als in der

geneigten Lage. Dies weiß der Gärtner bekanntlich bei der Spalierzucht zu verwerthen, indem er Horizontaläste auf der einen Seite des Stammes, die schwächer, als die correspondirenden auf der andern Seite, für ein Jahr hindurch in eine senkrechte Lage bringt und dadurch eine viel größere und schnellere Kräftigung und Ausbildung erzielt. Es richtet sich also bei der Ausbildung dieser Wasserschosse eine immer größer werdende Ungleichheit in der Ernährung auf Kosten der älteren Aeste und Zweige ein, welche nun Mangel leiden. Daraus erklärt sich das bei dem Auftreten der Wasserloden beginnende Absterben der Zweigspitzen älterer Seitenäste. Ein Theil des Baumes verhungert bei üppiger Entfaltung eines andern Theiles.

Wie gesagt, ist bei solcher Störung im Gleichgewicht der Ernährung es kaum gerathen, die Wasserreiser zu entfernen; vielmehr wird es vortheilhafter sein, bei älteren Bäumen mit werthvollen Sorten die Wasserschosse zu veredeln und mit der Säge gleichzeitig eine Parthie älterer Aeste zu entfernen, so daß der Baum auf diese Weise verjüngt wird. Wenn man an Stellen, deren Untergrund sich ohne großen Kostenaufwand nicht öffnen läßt, durch eine Düngung in einiger Entfernung vom Stamme dafür sorgt, daß seitlich der Baum eine neue kräftige Wurzelentwicklung erlangt, so dürfte für eine längere Reihe von Jahren hindurch dem Uebel gesteuert sein. Junge Bäume wird man durch Verpflanzen gänzlich heilen können.

IX. Wassersucht.

Die eigentliche Wassersucht (Hydrops), welche in wenigen Jahren zum Tode führt, wird durch lange anhaltende, stagnirende Nässe unter noch andern Begleitserscheinungen eingeleitet. Die Blätter fallen in grünem, anscheinend gesundem Zustande im Sommer schon ab; die angesetzten Früchte vergrößern sich zwar, aber bleiben geschmacklos und beginnen, noch ehe sie reif sind, zu faulen; die Triebe bleiben weich und gehen zum Theil im Winter durch Fäulniß zu Grunde[1]). Hier hilft nur starkes Zurückschneiden des Baumes in Krone und Wurzel und Versetzen in andern Boden.

In andern Fällen wird ein langsames Siechthum eingeleitet, bei welchem eigenthümliche Verflüssigungserscheinungen bestimmter Gewebeformen auftreten, die als Saftflüsse im Allgemeinen bezeichnet werden. Hierher gehören Gummi- und Harzfluß und theilweis auch der Krebs, die in einem besonderen Capitel besprochen werden sollen wegen der eigenthümlichen krankhaften Gewebebildungen, die dabei in Betracht zu ziehen sind und wegen der nicht hier zu erörternden anderweitigen Ursachen, welche gleichzeitig dabei mitzuwirken scheinen. An diese spätern Besprechungen wird sich auch die Erklärung des Auslösens des Holzkörpers bei älteren Bäumen reihen lassen.

---

1) Duhamel: Naturgesch. d. Bäume cit. in Meyen's Pflanzenpathologie S. 323.

X. Zellenfäule.

Viele fleischige Pflanzentheile (Kartoffeln, Runkeln, Möhren ꝛc.) zeigen nicht selten sowohl auf dem Felde als auch in den Aufbewahrungsräumen faulige Stellen, auf denen zwar Pilzbildungen auftreten, die aber in der Regel erst später nach dem Erscheinen der Flecken wahrgenommen werden. Kühn bezeichnet dieses Faulen ohne erkennbare Ursache als Zellenfäule und vermuthet, daß ungeeigneter Boden und ungeeignete Kultur die erste Veranlassung zu mangelhafter Ausbildung des Pflanzentheils und in Folge dessen zur Erkrankung geben. Bei Zuckerrüben beobachtete Schacht ein Auftreten von Stärke an Stelle des Rohrzuckers im Umkreise des braunen faulenden Gewebes. Bei dem Mangel experimenteller Beweise ist es unnütz, näher auf diese Krankheiten einzugehen.

XI. Verbänderung.

Bleibt die Zellenfäule unberücksichtigt, so schließt sich am ungezwungensten an jene obenerwähnte Wasserlohdenbildung die Besprechung von Mißbildungen an Pflanzen, welche ich einer überreichen Ernährung und Wasserzufuhr nach vorangegangener Verletzung eines Pflanzentheils zuschreibe. Das am meisten selbst dem ungeübten Beobachter auffallende Beispiel ist die Verbänderung (fasciatio) der Stengel. An Stelle eines gewöhnlich runden cylindrischen Stengelorgans finden sich ziemlich häufig an den verschiedensten Pflanzen die Stengel breit bandartig ausgebildet. Die Blätter sind normal, aber in größerer Anzahl als bei einem gleichaltrigen cylindrischen Stengelgliede und in ihren Stellungsverhältnissen meist verschoben. Entwickeln solche verbänderte Stengel an ihrer Spitze Blüthen, so bilden dieselben einen zusammenhängenden Kamm. Die Verbänderung setzt sich in der Regel im nächsten Jahre fort und läßt sich bisweilen durch Stecklinge (Myrthen), ja sogar durch Samen (Hahnenkamm, Celosia cristata) ziemlich sicher fortpflanzen. Diese Mißbildung hat als blumistische Varietät ihren Werth und es ist nicht unwahrscheinlich, daß mit der Zeit viele derselben Marktartikel werden können, da viele schöne Blüthenpflanzen in dieser Weise verbildet, bereits beobachtet worden sind; es fehlt eben nur die Hand des Gärtners, die dergleichen zu fixiren und vermehren sucht. Master[1]) führt nicht weniger als 150 verschiedene Pflanzen an, welche Fasciation zeigen. Die Untersuchungen von Schiewek[2]) und Cramer[3]) weisen darauf, daß das Gewebe der Gipfelknospe eine ungewöhnliche Ausdehnung in die Breite annimmt, wobei an Stelle des bei cylindrischen Trieben nur einzeln auftretenden Vegetationspunktes (der fortwachsenden jüngsten Spitze) zwei oder

1) Vegetable Teratologie 1869. S. 20.
2) Ueber Pflanzen-Verbänderung. Referat in Bot. Zeit. 1867. S. 232.
3) Ueber die morphologische Bedeutung des Pflanzeneies ꝛc. Bot. Zeit. 1868. S. 249.

mehrere derselben erscheinen, was auf eine reiche Zuführung des Materials, welches die Neubildung der Zellen begünstigt, der stickstoffhaltigen Nährstoffe, hinweist. Während dieser Einfluß sich bei andern Pflanzen in der sehr schnellen und üppigen Verlängerung der Gipfelknospe kund thun würde, wird eine solche kammartige Breitenausdehnung des jungen Knospengewebes dann eintreten, wenn die Zellen der ursprünglichen Spitze zerstört worden sind. Solch partielles Absterben des ursprünglichen Vegetationskegels hebt in der That Schiewek hervor.

Da, wo die Verbänderung als dem Kulturzweck nicht entsprechend, vermieden werden soll, wird das Zurückschneiden der Pflanze auf einige Entfernung unterhalb der Stelle, wo die Verbänderung beginnt, sich hilfreich erweisen. Es wird dann eine normale Seitenknospe geweckt, die zum Gipfeltriebe in den meisten Fällen sich heranziehen läßt.

XII. Verlaubung.

Aehnliche reiche Nährungsverhältnisse bei plötzlichem Wasserreichthum im Boden, welche nach einer irgendwie erlittenen Störung in der gewöhnlichen Entwicklung einer Pflanze auftreten, möchten wir auch als die Ursache einiger anderweitigen Mißbildungen oder Umbildungen betrachten. Die Erscheinungen mögen unter dem allgemeinen Namen der Verlaubung (frondescentia) zusammengefaßt werden. Der Name Verlaubung soll denjenigen Zustand einer Pflanze bezeichnen, in welchem dieselbe eine außergewöhnliche Menge chlorophyllhaltiger, also vegetativer Organe, auf Kosten von Theilen, die den Reproduktionsorganen zuzuzählen sind, bildet. Meist treten solche an Stelle der Blüthenorgane und in diesem Falle benennen wir die Mißbildung mit dem Namen der rückschreitenden Metamorphose.

Bei dieser letzteren Bezeichnung ist von der Anschauung ausgegangen, daß zunächst sämmtliche seitliche Anhangsorgane einer Achse als Blätter aufzufassen sind, welche je nach ihren verschiedenen Funktionen in Gestalt, Farbe und Bau sich ändern. In morphologischer Beziehung ist ein Laubblatt vollständig gleichwerthig mit einem Staubgefäß oder einem Fruchtblatte. Grade die Teratologie, d. h. die Lehre von den außergewöhnlichen Bildungen (Mißbildungen) liefert die besten Beweise für diese Anschauung. Man findet Mißbildungen, welche die Uebergänge von Staubgefäßen zum Stempel und umgekehrt von letzterem zu ersteren darstellen. Man hat ferner beobachtet, daß die Samenknospen oder Eichen an Rändern der Staubbeutel entstehen können und hat Gebilde aufgefunden, welche, den Staubbeuteln ähnlich, gleichzeitig Pollen und Samenknospen enthielten, ja man hat selbst Fälle entdeckt, die eine Entwicklung von Pollen im Innern des Gewebes der Samenknospen zeigten[1]).

1) Master's Vegetable Teratologie. S. 475.

Nehmen wir die in jedem Sommer zu beobachtende Erscheinung hinzu, daß sich Staubgefäße zu Blumenblättern umwandeln, daß Blumenblätter zur Hälfte gefärbt und zart, zur andern Hälfte grün gefärbt und fester gebaut vorkommen und man wird sich schwerlich der Folgerung verschließen, daß alle diese Organe nur Modifikationen einer gedachten Einheit sind, die wir Blatt nennen.

Diese Einheit tritt unter gewöhnlichen Vegetationsverhältnissen in Rücksicht auf die verschiedene Arbeit, die erfüllt werden muß, verschieden gebaut auf. Ein jedes dieser Organe kann in das andere übergehen, d. h. kann an einer bestimmten Stelle von einem andern ersetzt werden, sobald die Vegetationsbedingungen ein Bedürfniß dazu im Entwicklungscyclus der Pflanze hervorrufen; denn mehr oder minder ist die Ausbildung der einzelnen Organe der Pflanze das Resultat der vorhandenen Lebensbedingungen, wenn auch erbliche Eigenschaften von großer Constanz den Ausdruck der einzelnen Faktoren verdecken. Mit den Vegetationsverhältnissen kann sich je nach der Intensität der Einwirkung eines einzelnen Faktors der Plan im Aufbau der Pflanze ändern, so daß an Stelle eines Staubgefäßes und Blumenblattes ein Laubblatt u. s. w. auftritt und dies nennen wir die rückschreitende Metamorphose.

a. Vergrünung. Die Verlaubung dokumentirt sich zunächst als Vergrünung (virescentia), d. h. als einfache Farbenänderung eines Organs, das blattgrün wird, aber seine ursprüngliche Gestalt beibehält.

b. Verlaubung im engeren Sinne. Die Verlaubung im engeren Sinne (Phyllodie, Phyllomorphie) besteht dagegen, wie erwähnt, in der Ersetzung verschiedener, nicht blattartiger Organe durch wirkliche Blätter. Verlaubung kann zunächst bei Hochblättern oder Deckblättern (bracteae) auftreten. Unsere Wegebreitpflanzen (Plantago) zeigen nicht selten die Deckblätter durch wirkliche Stengelblätter ersetzt, ebenso manchmal die Flockenblume (Centaurea Jacea L.) und der Günsel (Ajuga reptans L.); bei manchen Körbchenträgerpflanzen (Compositae) wie bei Gänseblümchen (Bellis perennis L.) und Löwenzahn (Taraxacum officinale Web.) wird der ganze Hüllkelch (involucrum) blattartig. Eine Dahlia wurde gefunden, bei der auch noch die Schuppen des allgemeinen Blüthenbodens durch grüne Blätter ersetzt worden waren.

Bei unsern Doldenpflanzen, wie Kümmel (Carum Carvi L.), Angelica (Angelica silvestris L.) und Mohrrüben (Daucus Carota L.) werden bisweilen die Hüllblätter der Dolden durch wirkliche Blätter ersetzt. Dasselbe findet statt bei den Bracteen des Hopfens, der Weiden, der männlichen Blüthenstände der Wallnuß, der weiblichen Kätzchen der Erle ꝛc. Die große Blüthenscheide von Arum maculatum L. ist manchmal durch ein gestieltes Blatt vertreten[1]). Nach Eichler

1) Sehr interessant sind die Bemerkungen von Master über die Verlaubung der Nadelhölzer (Veg. ter. S. 245). Mit der später zu besprechenden Prolification in Verbindung tritt häufig eine blattartige Beschaffenheit der Deckblätter ein. Dabei werden die Schuppen gekerbt

nehmen die Schuppen der männlichen Kätzchen der Araucaria-, Podocarpus- und Cupressus-Arten bisweilen das Ansehen von Blättern an.

Von der Verlaubung des Kelches ist bei dem häufigen Auftreten dieser Mißbildung nicht nöthig, spezielle Beispiele anzuführen. Unsere Rosen, Fuchsien, Ranunkeln weisen in jedem Jahre Beispiele auf, bei denen die Kelchblätter durch wirkliche Laubblätter ersetzt werden. Nicht so häufig ist die Verlaubung der Corolle und wo wir dieselbe grün sehen, ist erst zu prüfen, ob dies nicht einfache Vergrünung, also Blüthenbau mit Blattfärbung ist, was bei der Königskerze (Verbascum nigrum L.), der Lonizere (Lonicera Periclymenum L.) und der spanischen Kresse (Tropaeolum majus L.) in der That beobachtet worden ist. Noch seltener dürfte das alleinige Auftreten von Blättern an Stelle der Staubgefäße sein. In Verbindung mit der Verlaubung anderer Organe ist es dagegen eine ziemlich häufige Erscheinung, ebenso wie die Umwandlung der Pistille in Laubblätter, die z. B. bei der gefüllten Kirsche sehr schön zu Tage tritt. Hier ist der Stempel durch zwei schmale Blättchen vertreten, deren Mittelrippe zu einem kurzen Griffel mit unvollkommener Narbe verlängert ist. Gerade der untere Theil des Stempels, der den Fruchtknoten darstellt, ist am meisten der Verlaubung unterworfen. Dann verwachsen oft die Ränder der einzelnen Fruchtblätter gar nicht mehr mit einander und die Samenknospen, die sonst eingeschlossen, liegen frei und sind häufig auch zu blattartigen Organen umgewandelt. Bei Tulpen (Tournesol), die in fettem Boden stehen, zeigen sich die Erscheinungen recht häufig; bei einzelnen gefüllten Anemonen und Ranunkeln sieht man in manchen Jahren in den Blumen ein grünes Herz, das vielfach solche offne Fruchtblätter aufweist. Mohrrüben und andere Doldengewächse zeigen bisweilen die ganzen Stempel blattartig, wobei sich der untere Theil derselben, der Fruchtknoten, von dem Kelche löst und oberständig wird. Gärtner behaupten, daß solche Veränderungen häufig dann auftreten, wenn halbgefüllte Blumen mit dem Pollen ähnlicher Blumen befruchtet werden. Ja, die Samenknospe selbst [1]) ist vielfach der Verlaubung unter-

---

und zweitheilig und zeigen zwischen den Lappen das Rudiment einer Knospe, welche in einem weiteren Stadium zu einem blättertragenden Zweige entwickelt wird, wie dies ziemlich häufig bei Larix europaea bisher beobachtet worden ist.

1) Besonders merkwürdig sind die Verlaubungen der Samenknospen oder Eichen. Wir folgen hierbei der Darstellung von Master (a. a. O. S. 262 ff.). Bei Adonis und Nigella sind von A. Braun Eichen beobachtet worden, bei denen die äußere Eihaut in eine blattartige gelappte Masse, ähnlich den gewöhnlichen Blättern verwandelt war. Bei den Primulaceen sind die Umänderungen der Ovula häufig. In den von Unger bei Primula sinensis beschriebenen Fällen, wo ein Theil der Blumenblätter laubartig gewesen, waren die Fruchtblätter gar nicht vorhanden und an Stelle einer freien centralen Placenta befand sich ein Kreis von Blättern, an deren Rande hier und da unvollkommene Samenknospen saßen. Brogniart beschreibt Mißbildungen von derselben Pflanze, bei welchen die Samenknospen ganz oder theilweis in schmale 3—5 lappige Blätter umgebildet worden waren. Ebenso Cramer, der an der chinesischen Primel die Samenknospen in der Form gestielter Blätter fand, deren Ränder oft eingerollt und deren innere Ober-

worfen. Gerade durch diese Mißbildungen erlangt man eine deutlichere Einsicht in die morphologische Bedeutung der Samenanlage. Man findet, daß dieselbe eine Neubildung auf den allerverschiedensten Pflanzentheilen darstellt. In wenigen Fällen scheint sie die unmittelbare Fortsetzung der Achse zu sein, wie bei den Knöterícharten (Polygonaceen); öfters erscheint sie ihrer Stellung nach ein Blatt zu sein, das an der Achse seitlich entspringt, wie bei den Primeln (Primulaceen); meist aber ist sie eine Neubildung auf einem Blatte selbst, sei es an dessen Rande oder in der Mitte und kann dann einem Fiederblättchen, einem Blattzahne oder gar einem Haare entsprechen (Drosera).

Gestützt auf die in der Anmerkung gegebenen Beispiele und auf die eingehenden Untersuchungen von Cramer[1]) kommen wir zu dem Schlusse, daß die Samen-

---

fläche einen kleinen nucleus trug. Master bildet blattartige Eichen von Sinapis ab, die mit langen Stielen an der Placenta saßen; Aehnliches beobachtete er bei Brassica oleracea. Derselbe Autor erwähnt einer Abbildung von Caspary von Trifolium repens; nach demselben entspringen die Samenknospen am Rande eines blattartigen Fruchtblattes. Der Eikern schien als kleine Knospe von der Oberfläche der blattartigen Eihüllen auszugehen. Planchon kam bei der Prüfung monströser Blumen von Drosera intermedia Hayn. zu dem Schlusse, daß hier die Ovula analog den Haaren sind, die an den Blatträndern stehen, da alle Uebergänge von der Verschmelzung von vier drüsigen Haaren und dem concaven Blatte bis zum vollkommenen Eichen aufzufinden waren. Brogniart beschreibt Eichen von Delphinium elatum L., die in Form schmaler Lappen des Carpellblattes auftraten.

Cramer zeichnet einen Fall von Delphinium elatum, wo der nucleus der Samenknospe als ein neu entstandener Wachsthumsheerd auf der Oberfläche der Blattlappen erscheint. Das merkwürdigste Beispiel ist durch Berkeley bekannt geworden. Die Placenta einer Gartennelke trug nicht nur Samenknospen, sondern auch Fruchtblätter, wobei die letzteren aus einer Umwandlung der ersteren entstanden sind, so daß Uebergänge vom Ovulum bis zum ovarium beobachtet wurden. Einige dieser Carpelle, welche von den Samenknospen abstammten, trugen sekundäre Ovula an einer randständigen Placenta. Der nucleus der Ovula war aber nicht entwickelt. Master, dem wir diesen Fall entlehnen (a. a. O. S. 269), fügt hinzu, daß in den meisten Fällen, wo die Integumente verlauben, der nucleus fehlt oder als kleinzellige Papille angelegt ist; nur in sehr seltenen Fällen ist er ausgebildet vorhanden. Es fehlt jedoch auch nicht an Beispielen, wo der Kern der Samenknospe zu einem kleinen Zweige auswächst. Unter andern wird eine Abbildung von Schimper citirt, die an Nigella damascena den nucleus durch einen beblätterten Trieb vertreten darstellt. Die Integumente waren wenig verändert. An einem der Blättchen dieses Triebes war ein unvollkommenes Ovulum zu finden.

1) Schleiden, Schacht, A. Braun, Hallier halten die ganze Samenknospe für eine wirkliche Knospe, also ein Achsengebilde. Der nucleus entspricht dem Ende der Achse und die Integumente sind etwa als Knospenschuppen zu betrachten. Reißeck, Brogniart und namentlich Cramer kommen zu dem Schluß, daß der hauptsächlichste Bestandtheil der Samenknospe, der nucleus nämlich, kein Achsengebilde, sondern das Erzeugniß eines Blattes oder Blattzipfels sei, welche sich um den Knospenkern wölbend, die Integumente darstellen. Während der nucleus also nach der einen Ansicht zuerst entsteht, geben Cramer's Beobachtungen das bestimmte Resultat, daß der Eikern erst später an einem anfänglich zelligen Auswuchs der Placenta entsteht. (Bildungsabweichungen bei einigen wichtigen Pflanzenfamilien und die morphologische Bedeutung des Pflanzeneies. Zürich 1864. S. 130 u. Bot. Zeit. 1868. Nr. 15.)

knospe aus zwei sehr ungleichwerthigen Theilen besteht. Der eigentliche und wesentlichste Theil ist der Knospenkern, der nucleus. Dieser entsteht als neuer Vegetationsheerd, als Anfang eines neuen Organs, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle als seitlicher Auswuchs eines Blattes oder Blatttheils, welche in Gestalt von Integumenten denselben umgeben. Bei normaler Ernährung der Pflanze bleibt der nucleus im Längenwachsthum stehen; dagegen bildet sich in seinem Innern die weibliche Geschlechtszelle, die Eizelle aus, welche erst durch den Befruchtungsakt zum Embryo, zur neuen, selbständigen Pflanze wird.

Aendern sich dagegen die Vegetationsbedingungen derart, daß die Pflanze noch mehr assimilirende Organe (chlorophyllhaltige Gewebe) braucht und bilden muß, so weicht sie von dem gewöhnlichen Plane ab; ihre sonst für andere Arbeit bestimmten und demgemäß auszubildenden Blatt-Organe werden nun zu wirklichen grünen Blatttheilen; die Decken des Kerns an der Samenknospe werden blattartig. Aber auch auf den neu entstandenen Zellenkegel, den nucleus, macht sich die veränderte Ernährung geltend und anstatt in einer längeren Ruheperiode, die dem Prozesse des Stoffwechsels vorzugsweise gewidmet ist, sich zur Bildung der Embryozelle anzuschicken, wird er selbst durch schnelles Wachsthum zum vegetativen Organe, zum beblätterten Zweige, verhält sich also dann wie der Gipfel einer Laubknospe, welche bekanntlich ebensowenig immer an einer Achse zu entstehen braucht, sondern auf Blättern am Rande, in der Mitte oder an der Spitze erzeugt wird.

Wenn die eigentliche Verlaubung, wie dies meist geschieht, nicht nur einen einzigen Organkreis, sondern sämmtliche Kreise einer Blume in grüner Färbung und laubblattartiger Verbildung umfaßt, so bezeichnet man diesen Zustand mit Grünblüthigkeit (Chloranthie). Ein derartiges Beispiel liefert die vor mehreren Jahren in unsern Gärten kultivirte, jetzt meist wieder verschwundene grüne Rose (aus der Gruppe der Bengalrosen).

c. Auseinanderhebung. Das Streben nach Verlaubung kann sich nicht blos durch die Bildung grüner Blätter an Stelle der Blüthenorgane bethätigen, sondern auch in der Streckung der Internodien zwischen den einzelnen Kreisen einer Blume, so daß z. B. der Kelch durch ein langes Stengelglied von der Blumenkrone entfernt ist oder diese und die Staubgefäße derartig aus einander gerückt sind u. s. w. Man bezeichnet diese Mißbildung mit dem Namen „Auseinanderhebung“ (apostasis). Dieselbe kann darum hierher gerechnet werden, weil der Charakter der Blume, der theilweis gerade in der meist dichten Aufeinanderfolge der Blattkreise (also in der höchst geringen Ausbildung der Internodien) zu suchen ist, dem Charakter des Laubzweiges weicht.

d. Proliferation. Als vollkommenste Art der Verlaubung aber betrachten wir die Versprossung oder Proliferation, d. h. die Neubildung und Entwicklung von Knospen an Orten, wo die normale Pflanze keine aufzuweisen hat. Solche Knospen können nun bald zu Blüthen, bald zu beblätterten Trieben sich entwickeln. Steht eine solche Adventivknospe im Centrum einer Blume, so daß

dadurch deren Achse geschlossen und erst durch Entwicklung der Knospe fortgesetzt erscheint, so nennen wir eine solche Proliferation eine Durchwachsung (diaphysis). Erscheinen dagegen die Adventivknospen in der Achsel irgend eines Gliedes der Blüthenkreise oder der Deckblätter, führt die Versprossung den Namen Achselversprossung (ecblastesis). Die mittelständigen Versprossungen sind häufiger als die achselständigen, was wahrscheinlich mit dem Umstande zusammenhängt, daß alle Triebe, welche die direkte Fortsetzung der aufsteigenden Achse bilden, leichter Wasser- und Nahrungszufuhr erhalten, als die seitlichen Verzweigungen. Hierfür spricht auch das äußerst seltene Vorkommen von Proliferationen bei Blumen, die einzeln in der Achsel von Blättern stehen.

Die Proliferation können wir als den höchsten Grad der rückschreitenden Metamorphose auffassen; sie tritt auch am häufigsten bei den gefüllten Blumen auf. Die Mehrzahl unserer gefüllten Blumen ist aber auch durch rückschreitende Metamorphose, nämlich durch die Umbildung der Staubgefäße (Staubbeutel) in Blumenblätter entstanden.

Von dieser außergewöhnlichen Durchwachsung sind die regelmäßig auftretenden Verlängerungen der Achsengebilde zu trennen, welche wahrscheinlich durch einfache Weiterentwicklung der Endknospe, nicht durch Ausbildung von Adventivknospen, entstehen. Wir meinen hier die Bildung der Krone bei den Ananasfrüchten und die Verlängerung der Zweige durch den Blüthenstand der Reiherbuschmyrthen (Metrosideros).

Die Verlaubung in ihren verschiedenen Modifikationen hat nicht nur ein hohes wissenschaftliches Interesse in Beziehung auf die Erweiterung der Morphologie; sie hat auch eine praktische Bedeutung, indem sie Winke für die Pflanzenvermehrung giebt. Die Natur selbst wendet die Verlaubung zur Vermehrung an Stelle der Samenbildung an. Man darf in dieser Beziehung nur an die Bildung kleiner Zwiebeln an Stelle der Blüthen denken. Wenn man die Zwiebel als eine Laubknospe mit fleischigen Blatttheilen auffaßt, dann ist die Erscheinung von Zwiebeln an den Blüthenständen meist eine seitliche Blattproliferation der Blüthenstände oder aber auch bisweilen die Umwandlung einer einzelnen Blume, wie bei Allium vineale L. Solche Fälle beobachten und benutzen die Gärtner bei den Gattungen Allium, Lilium, Saxifraga, Gesneria, Achimenes 2c. zur Vermehrung.

Ein ähnlicher Zustand dürfte wohl auch bei einigen der sog. lebendig gebärenden Pflanzen vorhanden sein, wie z. B. bei dem lebendig gebärenden Knöterich (Polygonum viviparum L.), bei manchen Sauergräsern und Binsen und namentlich bei vielen Süßgräsern, wie bei Dactylis glomerata L., Poa bulbosa L., und Poa annua L., trivialis L. und pratensis L., bei Glyceria fluitans R. Br. und aquatica Prsl. 2c. Bei den Süßgräsern findet man bisweilen die äußeren Deckblätter des Grasährchens unverändert, aber statt der Honigschüppchen, Staubgefäße und Stempel steht ein blättertragender Trieb.

Bisweilen ist die Blüthenachse, die gewöhnlich mit unvollkommenen Blumen

endigt, durch eine Blattrosette begrenzt. So wird z. B. von Kirschleger[1]) eine Wegebreitpflanze beschrieben, deren Aehren nach der Reife der Frucht an ihrer Spitze eine Blattrosette entwickelten. A. Braun sah dieselbe Erscheinung noch weiter entwickelt, indem von der Blattrosette gleichzeitig Wurzeln hervorgingen. Bei manchen Pflanzen hat man bereits künstlich versucht, die Blüthenstände zur Vermehrung zu benutzen. Bei der chinesischen Primel schneidet man den Blüthenstand unterhalb der Stelle, von der die einzelnen Blüthenstielchen entspringen, ab und behandelt das abgeschnittene Stück als Steckling. Diejenigen scheinen am besten Wurzeln zu treiben, bei denen die Blüthenstielchen während des Winters ihrer Blüthen bald nach dem Aufblühen beraubt und damit der Quelle für ihre eigene Schwächung verlustig gegangen waren.

Ueber eine noch interessantere Vermehrungsart der chinesischen Primel berichtet Cramer[2]). Er spricht von den Laubknospen, die sich bei verlaubten Primelblüthen in der Achsel der Fruchtblätter bilden. Diese können zur Vermehrung der Pflanze benutzt werden. „Ich habe mehrere Blüthen, sagt Cramer, mit Achselsprossungen im Stempel, nach Entfernung von Kelch und Krone, wenig unterhalb des Stempels abgeschnitten, dann den Stempel der Länge nach mehrmalen aufgeschlitzt und die so zubereitete Blüthe oder vielmehr deren Stiel in lockere Erde gesteckt und mit einer Glasglocke bedeckt. Aehnlich verfuhr ich mit einigen Achselknospen von Kelchblättern, nachdem ich erstere herausgeschnitten." Mehrere dieser Pflänzchen haben die Größe von 2" erreicht. Aus den Achselknospen von Kelch und Stempel vergrünter Primelblüthen gelang es Cramer, im nächsten Jahre wieder vergrünte Pflanzen zu erziehen. Daß auch Früchte selbst als Stecklinge benutzt werden können, zeigt ein Fall von Baillon[3]), der Wurzeln an einer Cactusfrucht beobachtete. Diese Beobachtungen verdienen von Seite der Gärtner volle Aufmerksamkeit, da sie eine Verwendung solcher Mißbildungen zeigen, die sehr erwünscht bei seltenen Pflanzen und neuen Spielarten, welche schnell vermehrt werden sollen, sein dürfte.

Alle die bisher erwähnten verschiedenen Verlaubungserscheinungen möchten wir auf einen Grund zurückführen. Die Pflanze verlaubt, wenn nach ihrer Blüthenanlage Verhältnisse eintreten, welche den Blattapparat nicht genügend im Verhältniß zu der von der Wurzel aufgenommenen Bodennahrung erscheinen lassen.

Dieser Fall kann nun in zweifacher Weise auftreten. Entweder erhält eine normale Pflanze durch plötzliche Zufuhr eine überreiche Stickstoffnahrung und starke Bewässerung, wie dies bei starken Regengüssen durch Abschwemmen des Düngers auf tiefliegende Stellen oder durch direkte Düngung geschehen kann. Wenn vorher lange Zeit hindurch Trockenheit geherrscht hat und diese im Verein mit heller Be-

1) Flora 1844. S. 565.
2) Bildungsabweichungen S. 37.
3) Master a. a. O. S. 160.

leuchtung die Pflanzen kurz, gedrungen, leicht blühend, aber bei sandigem Boden mager und nur klein belaubt sich entwickeln ließ und es kommt jetzt Gelegenheit für solche Pflanzen, eine reiche Nährstofflösung zu verarbeiten, so wird dies Individuum nun allen vorräthigen Blattapparat, der seiner Stellung und Anlage nach zu Blüthenkreisen sich entfaltet hätte, zu assimilirenden Blattorganen, zu Laubblättern umwandeln.

Ein zweiter Fall, der zur Verlaubung der Wiesenpflanzen sehr häufig Veranlassung geben mag, besteht in der Verletzung der oberirdischen Pflanzentheile durch Abfressen, Abmähen, Abtreten ꝛc. Tritt solche Verletzung bei anhaltender Trockenheit ein (wie Abmähen bei gutem Heuwetter), dann wird die nachher erfolgende Neuproduktion der Pflanze eine spärliche sein. Die der hohen beschattenden Gräser beraubten Kleepflanzen z. B. werden aus den stehengebliebenen Seitenaugen ihrer Stengel kurze Triebe machen, welche bald mit einer Blüthe schließen. Es wird dann wenig Futter für den zweiten Schnitt produzirt werden. Treten nun nach längerer Dauer der Trockenheit starke Regengüsse auf, die schnelle und reiche Wasseraufnahme durch die Wurzel bedingen, so wird die Pflanze angeregt, möglichst schnell einen reichen Blattapparat zu entwickeln, um die aufgenommene Nährstofflösung zu verarbeiten und es werden dann, wie im ersten Falle, die Blüthenanlagen zu Laubblättern umgebildet werden, auch ohne eine reiche Düngung, lediglich durch Wasserzufuhr.

Aber auch solche plötzliche Schwankungen in den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens werden nicht einmal immer nothwendig erscheinen. Es wird schon Verlaubung eintreten können, wenn die vorhandenen Blätter nach dem Blüthenansatz der Pflanze in ihrer Funktion gestört werden, wie wir dies bei Hopfen im Großen wahrnehmen können, der von Blattläusen und der Schwärze oder dem Rußthau befallen ist. Die Blattoberseite ist durch den Pilzüberzug, welcher den Rußthau erzeugt, der Beleuchtung und somit der Assimilation entzogen und die Pflanze muß neue Organe schaffen, die die gestörte Assimilationsarbeit fortsetzen können; sie wird dann die Deckblättchen der weiblichen Blüthenstände zu wirklichen, theilweis gestielten Laubblättern umwandeln und die Blüthenorgane selbst werden verkümmern oder verlauben[1]).

---

1) Zur Stütze unserer Ansicht mögen einige Citate dienen. Linné spricht sich folgendermaßen aus: „Si arbusculam, quae in olla antea posita, quotannis floruit et fructus protulit, deinde deponamus in uberiori terra calidi caldarii, proferet illa per plures annos multos ac frondosos ramos sine ullo fructu. Id quod argumento est, folia inde crescere, unde prius enati sunt flores; quemadmodum vicissim, quod in folia nunc succrescit, id, natura ita moderante, in flores mutatur, si eadem arbor iterum in olla seritur.“ (Prolepsis § III. cit. v. Master a. a. O. S. 168.)

Plenk (Physiol. u. Pathol. d. Pflanzen 1795. S. 140—142) sieht als Ursache der „Ungestaltheiten“, zu denen er die Füllung der Blumen rechnet, einen allzufetten Boden an.

Jäger (über die Mißbildungen d. Gew. 1814. S. 83) beschreibt proliferirende Kleepflanzen, die er von Dr. Gärtner erhalten. Derselbe fand solche Pflanzen „in dem feuchten Jahrgange

Bei eingehenderer Prüfung wird man viele solcher Gelegenheitsursachen aufzufinden im Stande sein; alle aber möchten auf den einen Punkt hinauslaufen, daß der Blattapparat bei einer Pflanze, die Blüthen angelegt hat, sich als nicht ausreichend für die Assimilation erweist.

§. 4. Ungünstige physikalische Bodenbeschaffenheit.

In innigem Zusammenhange mit den bisher besprochenen Erscheinungen und dieselben mannigfach modifizirend wirkt die physikalische Beschaffenheit des Mediums,

---

1801 außerordentlich häufig". S. 78. „Sofern die Einwirkung des Lichtes vielleicht zur Metamorphose der ovulorum selbst beiträgt, erscheinen die Spaltungen, die die germina mancher Pflanzen, z. B. der Tulpen, zumal bei mehrerer Abundanz der Nahrung, wie es scheint, hier und da erleiden, von mehr Bedeutung." Moquin-Tandon (Pflanzen-Teratologie übers. v. Schauer 1842 S. 203, spricht von einem Theile der rückschreitenden Metamorphose, von der Füllung der Blüthen: „Die Umgestaltung der Blumenblätter (Füllung) scheint vorzugsweise aus einem zu großen Zufluß von Bildungssäften zu entspringen; woraus sich ihr häufiges Entstehen auf unsern Blumenbeeten erklärt. Diese brillante Metamorphose der Kelch-, Staub- und Stempelblätter geht jedoch nicht ausschließlich auf kultivirtem Boden vor sich; auch in freiem Felde zeigt sie sich mitunter, aber freilich nur in sehr fruchtbarem Boden. So fand Mirbel unweit Bagnères-de-Bigorre auf der Hochebene von Leyris, einem mit den reichsten Matten bedeckten Gebirgszuge, Anemonen, Ranunkeln und Rosen so schön doppelt oder gefüllt, wie in unsern Gärten."

Ueber einen Akt, den wir ebenfalls zur Verlaubung rechnen, über die Bildung von Adventivknospen in Form von Zwiebeln, spricht Moq.-Tand. (a. a. O. S. 227): „Ueberfluß an Nahrung scheint viel zur Erzeugung der Bulbillen beizutragen."

In Betreff der Proliferation äußert sich derselbe Autor (S. 355): „Die Hauptursache dieser Erscheinung mag wohl in einem übermäßigen Zufluß von Nahrungsstoff liegen, vermöge dessen sich nicht allein die einzelnen Blattgebilde der Blüthe, sondern auch sonst nur äußerst kurze Achsenstücke, an welchen dieselben haften, über die Maaßen entwickeln." S. 366. „Nach Adanson soll diese Proliferation (seitliche) nicht selten durch den Stich eines Ichneumon veranlaßt werden. So viel ist ausgemacht, daß sie vorzugsweise an üppigen, an niedergetretenen oder obenher abgeweideten Pflanzen vorkommen."

Cramer (Bildungsabweichungen) enthält sich zwar jeder Vermuthung über die Ursache der Verbildungen, giebt aber bei seinen Beschreibungen stets die Beschaffenheit des Bodens an, auf dem er die Mißbildungen (Diaphysis, Ecblastesis, Apostasis und Fasciation) gefunden. Wir machen dann die Bemerkung, daß viele der beschriebenen Pflanzen (z. B. Leguminosen S. 107) „standen an einer lettigen, sehr sonnigen Stelle, am nördlichen, bis 20′ hohen Rand eines ziemlich großen Beckens, worin sich zu Zeiten das Bodenwasser der Umgebung und Regenwasser ansammelt und dabei eine saure Wiese gebildet hat." Bei Verbänderungen an Taraxacum (S. 58): „Das muß ich bemerken, daß alle diese Pflanzen auf einer sehr fetten Wiese gewachsen, sich durch ihre üppige Entwicklung auszeichneten."

Hallier (Phytopathologie 1868 S. 160) führt einen Fall von Chloranthie bei Herbstzeitlosen an und knüpft daran die Vermuthung, daß das unzeitige Hervorbrechen vergrünter Blüthen lediglich Folge ihrer Unterdrückung im Herbste sei.

Master endlich sagt (Veget. Terat. 1869 S. 158): . . . . . „the production of leaves or leaf-buds in place of flowers is, as is well known, generally the consequence of an excess of nutrition, and of the continuance rather than of the arrest of vegetative development."

in welchem die Wurzel kultivirt wird. Von ihr hängt die Intensität ab, mit der die bisher in Betracht gezogenen Faktoren auf die Pflanze wirken. Die Wurzelentwicklung und die Wurzelarbeit, die Stoffaufnahme werden in einem lockeren und warmen Boden sich günstiger gestalten, als in einem festen, stark wasserhaltenden, schwer erwärmbaren Acker und dieselbe Regenmenge, die im ersteren Falle die Vegetation außerordentlich steigert, wird im zweiten Falle geradezu nachtheilig wirken können. Auch hier wird das Wasser wieder eine maßgebende Rolle spielen und die im Folgenden zu erörternden Krankheitserscheinungen sind nur darum von den vorigen getrennt worden, weil sie nicht von dem chemischen Einfluß des aufgenommenen Wassers in der Pflanze abhängen, sondern vorzugsweise von den physikalischen Zuständen bedingt werden, welche das Wasser im Boden hervorruft.

I. Aussauern der Saaten.

Die nächste Folge einer großen Wassermenge im schweren Boden, welche zu lange Zeit in demselben zurückgehalten wird, besteht in dem „Aussauern“ der Saaten und in dem „Versauern“ der Topfpflanzen des Gärtners. Das Aussauern kann schon den keimenden Samen betreffen. Es tritt am häufigsten ein, wenn der Same bei schwerem Boden zu tief untergebracht wird und reichliche andauernde Regengüsse die Bodenzwischenräume für lange Zeit mit Wasser füllen. Der für das Pflanzenleben und namentlich für die Keimung so nöthige Sauerstoff wird mit der Luft vom Samenkorn entfernt gehalten und dadurch das Leben des Kornes erstickt. Dasselbe geschieht auch schon bisweilen, wenn bei zu tiefer Lage der Saat ein scharfer Regen solche Thonböden trifft, die durch ihren Gehalt an feinem Sand zur Krustenbildung geeignet sind. Hier übt die Kruste einen ähnlichen Abschluß, wenn auch in geringerem Grade, wie das Wasser selbst aus und die Samen verfaulen, anstatt zu keimen.

Das Aussauern von weiter entwickelten Pflanzen ist ein Abfaulen der Wurzeln bei längerer Berührung mit stehendem Wasser. Die meisten Wurzeln vertragen einen längeren Aufenthalt in fließendem, oder solchem stehenden Wasser, welches frei von abgestorbenen organischen Substanzen ist, recht gut und bei der für Wissenschaft und Praxis gleich fruchtbringenden Methode der Wasserkulturen ist ja die Pflanzenwurzel ihr ganzes Leben hindurch im Wasser.

Die sich zersetzende organische Substanz beansprucht aber allen Sauerstoff, der bei geringer Zufuhr oder gänzlichem Abschluß noch vorhanden ist und wirkt dadurch und durch ihr Zersetzungsprodukt, die übermäßige Kohlensäure schädlich.

Durch Aussauern leidet nach Kühn der Roggen besonders stark, während unter denselben Verhältnissen andere Gräser, wie die Trespe, sich sehr üppig entwickeln können. Dieser Umstand hat den hier und da noch immer auftretenden Irrglauben hervorgerufen, daß Roggen sich in Trespe verwandeln könne. Am allerschädlichsten wird das Aussauern bei der Winterölsaat, speziell bei dem Raps.

Die Wurzeln desselben faulen bei andauernder Nässe von der Spitze aus ab, so daß im Frühjahr nur noch der Wurzelhals und die Blattrosette übrig bleiben, die so lange gesund erscheinen, als die feuchte Frühjahrswitterung das Austrocknen verlangsamt. Gar bald indeß werden die Pflanzen braun und lassen sich an einem Blatte aus dem Boden ziehen. Die Entfernung des Wassers durch tiefe Drainage oder mindestens 4′ tiefe Abzugsgräben, die den Grundwasserspiegel so weit senken, sind die geeignetsten Vorbeugungsmaßregeln. Die Herstellung einer so tiefen durchlassenden Schicht wird darum nothwendig, weil manche Hülsenfrüchte, wie Luzerne und Esparsette, mit ihren tiefgehenden, langen, nur spärlich mit Fibrillen versehenen Pfahlwurzeln absterben, sobald sie auf Grundwasser stoßen.

II. Versauern der Topfgewächse.

Das Versauern der Topfgewächse zeigt sich vorzugsweise auch nur bei Anwendung lehmiger und mooriger Erden. Wenn das Abzugsloch des Blumentopfes verstopft ist und übermäßiges Begießen durch ungeübte Arbeiter stattfindet, sterben auch die Wurzeln der Topfgewächse vollständig ab, indem sie braun und weich werden. Die versauerte Erde läßt sich durch ihren eigenthümlichen Geruch sofort erkennen; es tritt vermuthlich ein ganz anderer Zersetzungsprozeß der reichlich vorhandenen organischen Reste, welche nahrhafte Topferden immer enthalten, ein. Wahrscheinlich bilden sich saure Verbindungen aus der noch wenig gekannten Reihe der Humuskörper. Ist Eisen im Boden, so können die unschädlichen Eisenoxydsalze zu den schädlichen Oxydulsalzen reduzirt werden. Solche Reduktion ist bei dem herrschenden Sauerstoffmangel sehr leicht erklärlich, da die Bodenräume mit Wasser erfüllt sind. Das sowohl durch die Wurzelausscheidung, sowie durch die Zersetzung der organischen Bodenreste mit Kohlensäure überfüllte Wasser reicht bei dauernder Einwirkung allein schon hin, die Pflanzen zu tödten. W. Wolf[1]) zeigte experimentell, daß gesunde Pflanzen, in kohlensäurehaltiges Wasser versetzt, alsbald in ihrer Kohlensäure-Ausscheidung ganz bedeutend nachlassen. Die Folge davon ist ein Welken und späteres Absterben der Blätter. Setzt man die Versuchspflanzen in destillirtes Wasser, so nehmen sie ihr normales Aussehen wieder an. Es ist ein großer Unterschied für die Pflanze, ob sie mit kohlensäurereicher Luft oder mit derartigem Wasser in Berührung kommt. Wenigstens ist dies durch Böhm's[2]) Versuche für die Blätter grüner Landpflanzen anschaulich gemacht worden. Böhm tauchte Blätter verschiedener Landpflanzen in kohlensäurehaltiges Wasser und fand, daß die Sauerstoffabscheidung aufhörte, wenn man den Pflanzentheil verhinderte, sich erst mit einer Kohlensäure-Atmosphäre zu umgeben, und sich dadurch vor der direkten Berührung mit dem Wasser abzuschließen.

1) Tageblatt d. Naturf.-Vers. z. Leipzig 1872 S. 209.
2) Anzeigen d. Wiener Akad. d. Wiss. 1872 Nr. 24. 25. S. 163.

Bei Erörterung der Wirkungen eines zu nassen Bodens mag auf das unvorsichtige Begießen der Topfpflanzen hingewiesen werden. Dasselbe wird zum Theil veranlaßt durch die Erscheinung, daß eine Anzahl von Topfpflanzen in Glashäusern plötzlich zu welken beginnen. Der nun so nahe liegende Schluß, daß Wassermangel der Grund des Welkens sei, verleitet zu einer erneuten Wassergabe und im Laufe des Tages beginnen auch wirklich die Blätter wieder straff zu werden. Am nächsten Morgen ist dasselbe Welken bemerkbar und es erfolgt erneuetes Begießen mit demselben Erfolge, wie gestern. Nach einiger Zeit ist die Pflanze dauernd welk; die Wurzeln sind theilweis verfault, der Boden im Topf ist sumpfig. Solche Vorgänge zeigen sich namentlich im Herbst bei dem Einräumen zarterer Pflanzen in die Glashäuser, die noch wenig geheizt werden. Der Grund des Welkens ist dann die Kälte des Bodens. Wir wissen durch eine Anzahl Beispiele von Sachs[1]), daß die verschiedenen Pflanzen eine bestimmte Temperatur für ihre Wurzeln brauchen, damit dieselben arbeiten, also auch Wasser aufnehmen können. Taback und Kürbis welkten in einem Boden von 3—5° C., wurde derselbe auf 12—18° erwärmt, war die Wurzelthätigkeit wieder hergestellt. Wenn die in dem angeführten Beispiele nun begossenen welken Pflanzen im Laufe des Tages ihre Blätter hoben, wurde dies dem Einfluß des Gießens zugeschrieben. Der wirkliche Grund aber war die während des Tages durch die Sonne veranlaßte Erhöhung der Temperatur und somit des Bodens im Topfe, wodurch die Wurzeln zur Wasseraufnahme wieder angeregt werden. Bei Eintritt der Nacht und Sinken der Temperatur unter die Grenze, bis zu welcher die Wurzel überhaupt noch zur Wasseraufnahme fähig, wiederholt sich das Welken. Die Pflanze kann also bei größter Bodennässe dennoch verdursten, wenn der Boden zu kalt ist.

Eine andere Ursache des Welkens macht sich im Hochsommer bemerkbar. Wenn stark verdunstende Pflanzen der heißen Sonne und der bewegten Luft längere Zeit ausgesetzt sind, beginnen sie, trotz genügender Bodenfeuchtigkeit zu welken, weil die Wassermenge, welche durch die Blätter verdunstet, nicht schnell genug von der Wurzel ersetzt werden kann. Zwar wird durch die bei stärkerem Sonnenschein gleichzeitig eintretende Temperatur-Erhöhung auch die Wasserzufuhr sich vermehren. Namentlich steigert sich nach de Vries[2]) die Imbibition der Zellwände und so vollgesogene Wandungen geben auch ihr Wasser schneller weiter an eine wasserbedürftige Umgebung; allein dieser Prozeß steigert sich an solchen Tagen mit außergewöhnlich hoher Verdunstung nicht in gleichem Maaße mit dieser. Der Unerfahrene gießt dann wiederholt in dem Glauben, daß reichliche Wasserzufuhr zu den Wurzeln den Blättern nützlich wäre. Auch hier tritt bei verstopftem Abzuge des Blumentopfes und Wiederholung des unnützen Begießens ein Versauern der Erde und Faulen der Wurzeln ein.

---

1) Lehrb. d. Bot. 1. Aufl. S. 559.
2) Bot. Zeit. 1872. S. 781.

Dasselbe Endresultat zeigt sich bei den sogenannten Neuholländer- und Cap-Pflanzen, wie **Epacris** und **Erica**. Die lockere, fein sandige, wenig zersetzte Erde, die als Haide-Erde im Handel ist, kann zwar in den Töpfen nicht sehr fest gepflanzt werden, weil die unverwesten Wurzel- und Blattreste eine sehr gute Drainage bilden; durch zu scharfes Begießen werden aber die feinen Sand- und Lehmtheilchen aus den oberen Brocken nach unten gespült, so daß nur lange, lockere faserige Bestandtheile auf der Topfoberfläche zurückbleiben. Dieselben können natürlich nur sehr wenig Wasser zwischen sich zurückhalten und lassen dasselbe schnell nach unten durch. Die Topfoberfläche ist deshalb stets fast halbtrocken. Wenn sich nun der Gärtner verleiten läßt, unter solchen Umständen zu gießen und wenn die Pflanzen keinen guten Abzug haben, dann faulen die sehr feinen Wurzeln.

Das mit Erfolg anzuwendende Heilmittel gegen das Versauern der Topfpflanzen ist ein rechtzeitiges Verpflanzen, wobei die schlechten Wurzeln bis auf die gesunden Theile zurückgeschnitten werden. Die Pflanzen kommen dann an einen Ort, der künstliche Bodenwärme besitzt, z. B. in einen mit Fenstern gedeckten Frühbeetkasten. Die feuchte Luft des geschlossenen Kastens mäßigt die Verdunstung der Blätter, die durch die kranken Wurzeln nur wenig Wasser zugeführt erhalten. Die gesteigerte Bodenwärme regt schnell zu neuer Wurzelbildung an. Als Vorbeugungsmittel gegen das Versauern ist außer gutem Abzuge im Topfe das Einsenken der Töpfe in die Erde zu empfehlen. Dazu muß man sich aber eines Stockes oder eines kegelförmig gedrehten Holzes bedienen, um ein tiefes trichterförmiges Loch herzustellen, dessen oberer Rand gerade so groß, wie der Topfrand ist. Der Topf hängt dann gleichsam in dem Loche; der Topfboden hat unter sich den übrigen Theil des kegelförmigen Loches, wodurch das Einkriechen der Regenwürmer durch das Abzugsloch und das Verstopfen desselben verhindert wird.

Bei frei im Zimmer oder auf Tabletten stehenden Blumentöpfen darf bei nur einiger Aufmerksamkeit kein Versauern vorkommen. Es läßt sich nämlich durch Anklopfen an den Topf mit ziemlicher Sicherheit der Wassergehalt der Erde bestimmen. Wenn diese reich an Feuchtigkeit ist, befindet sich auch Wasser zwischen den einzelnen Bodenpartikelchen und der Wandung des Topfes und der Ton desselben ist ähnlich dem einer dichten Masse; bei solcher Wasserarmuth dagegen, die ein Begießen nöthig macht, klingt der Topf hohl.

III. Ausfaulen der Saaten.

Mit dem Versauern nicht zu verwechseln ist das Ausfaulen der Saaten und Staudengewächse, das durch zu lange liegen bleibenden Schnee hervorgerufen wird. So nützlich immerhin der Schnee als poröse und schlecht die Wärme leitende Decke auch ist, indem er die Pflanzen vor dem Erfrieren besser als alles andere Deckmaterial schützt, so schädlich kann er im Frühjahr werden, wenn sich durch Aufthauen und Gefrieren über dem lockeren Schnee eine Eiskruste gebildet hat, die den Zutritt der Luft abschneidet. Die Pflanzen ersticken unter der Decke und

faulen. Häufig zeigen sie noch ein Bestreben, sich empor zu arbeiten, indem die Achselknospen der vorjährigen faulenden Blätter sich zu entwickeln beginnen; aber allmälig sieht man auch sie von außen nach innen der Fäulniß erliegen. Dies ist besonders leicht bei Rübsen der Fall, der nach Kühn bei früher Saat und starker Düngung auf humosem Boden oft leidet. Ueberall da, wo durch üppige Herbstentwicklung ein Ausfaulen der Saaten zu befürchten steht, empfiehlt sich das Abweiden bei trocknem Herbstwetter oder bei Blachfrost. Auch die Drillkultur wird hier von Nutzen sein, weil der centrale junge Herztheil der Pflanzen höher liegt und nicht von den alten Blättern bedeckt wird, von denen die Fäulniß zunächst ausgeht.

Nicht zu unterschätzen ist endlich der Einfluß des Wassers auf die Erwärmbarkeit des Bodens. Die Praxis spricht von warmen und kalten Böden und bezeichnet damit die große oder geringe Fähigkeit desselben, die durch die Sonnenstrahlen erzeugte Wärme festzuhalten. Solche Wärmeabsorption ist natürlich zunächst um so größer, je weniger die Sonnenstrahlen reflektirt werden. Die trockne Luft läßt die Wärmestrahlen großentheils durchgehen; der Boden hält sie fest und erwärmt sich, was der Grund für die großen Unterschiede im Sonnenschein zwischen Luft und Boden zu Gunsten des Letzteren ist. Und zwar wird ein Boden um so mehr Wärmestrahlen zurückhalten, je dunkler er ist. Die schwarzen Bodenarten behalten auch die leuchtenden Strahlen, in Wärme umgesetzt, wogegen die weißen Böden sie reflektiren. Bekannt ist, daß der mit Ruß bestreute Schnee schneller schmilzt und daß die Früchte an einer schwarzen Spalierwand schneller reifen. Wie aus den Versuchen von Gasparin[1]) namentlich deutlich hervorgeht, ist in der That die Farbe von vorherrschender Bedeutung bei der Erwärmbarkeit des Bodens. Dieselben Bodenarten wurden theils mit Magnesia weiß, theils mit Kienruß schwarz gefärbt und zeigten in Folge dieser Farbenverschiedenheit eine Differenz von durchschnittlich 7 Grad C. zu Gunsten des schwarzen Bodens.

Bei gleicher Farbe richtet sich die Bodenwärme zunächst nach dem Wassergehalt. Wenn man bedenkt, daß durchschnittlich viermal so viel Wärme nöthig ist, um eine gleiche Quantität Wasser gegenüber einem trocknen Boden um einen Grad zu erhöhen, so wird man einen Maaßstab finden, um wie viel mehr ein trockner Boden bei derselben Sonnenwärme sich erwärmen kann, als ein stark wasserhaltiger. Hierzu kommt noch der Umstand, daß bei ursprünglich gleicher Erwärmung im nassen Boden viel mehr Wasser verdunstet, also Wärmearbeit beansprucht, Wärme als solche aufgezehrt wird. Es bleibt somit kein Zweifel, daß der nasse Boden auch der kalte ist.

Unter Umständen ist der Wassergehalt von größerem Einfluß als die Farbe; denn ein dunkler, aber nasser Boden erwärmt sich im Allgemeinen nicht so stark bei gleich lange anhaltendem Sonnenschein, wie ein heller aber trockner Boden, wie Schübler durch Versuche nachgewiesen. Der Versuchsansteller untersuchte auch

1) Cours d'agriculture 1843 t. I. p. 182 cit. in Mayer's Agrikulturchemie Th. II. S. 118.

noch in anderer Beziehung die Bodenarten und kam in Bezug auf die wärmehaltende Kraft der Bodenarten zu dem Schlusse (cit. in Agrik.-Chemie v. Mayer Th. 2. S. 125): daß sich dieselbe im Allgemeinen verhalte, wie deren spezifisches Gewicht[1]). Leichtere Bodenarten werden also in sich eine geringere Menge Wärme speichern als schwere. Bei allen diesen Betrachtungen kommt aber bei unserm Kulturboden ein modifizirendes Element dazu und dies besteht in dem Reichthum an organischer Substanz, deren Oxydation eine merkliche Wärmequelle abgeben kann.

Umgekehrt wie die Erwärmung dürfte sich die Abkühlung der Böden durch Ausstrahlung der Wärme verhalten. Ein mit wenig Wasser versehener Boden, der sich in der Sonne schnell erwärmt, wird auch am schnellsten erkalten; dagegen spezifisch schwere, wasserreiche Bodenarten, die sich sehr langsam erwärmen, würden sich auch langsamer abkühlen, wenn nicht die gesteigerte Wasserverdunstung die Erkältung beförderte und auf diese Weise den Vortheil der langsamen Wärmeabgabe vermindern würde[2]).

IV. Aufziehen der Saaten.

Gerade die stark wasserhaltenden Bodenarten sind es, welche das Aufziehen der Saaten durch Frost zeigen. Nach unbeständiger Winterwitterung, bei welcher auf nasse Tage scharfe Fröste plötzlich folgen, sieht man im ersten Frühjahr eine Menge junger Pflänzchen mit bloßgelegten Wurzeln auf der Oberfläche des Ackers. Ein Theil der Wurzeln ruht auch wohl noch mit seinen Spitzen in der Erde und fristet den Pflänzchen ein kümmerliches Dasein, während andere Würzelchen, vollkommen frei, mit abgerissenen Spitzen dem Vertrocknen durch Wind und Sonne entgegengehen. Die Erklärung des Vorganges liegt sehr nahe. Der schwere Boden hält große Quantitäten Wasser zurück; dieselben gefrieren, schießen als lange, nadelförmige Eiskrystalle an und heben dadurch die oberen Bodenschichten sammt der jungen Saat in die Höhe. Wenn ein Theil der feinen Wurzeln bereits in größere Tiefe gegangen, werden dieselben abgerissen. Bei dem nachfolgenden Aufthauen kann sich zwar der Boden setzen; die jungen Pflänzchen aber können nicht mehr zurück. Die Wiederholung des Vorganges bringt endlich obiges Resultat und wenn man mit der Hülfe nicht schnell bei der Hand ist, namhafte Verluste zu Wege. Die Hülfe beruht hier wohl meist in der Anwendung einer schweren Walze zu einer Zeit, wo das Feld wohl einigermaßen abgetrocknet

---

1) Unter „spez. Gew. des Bodens“ ist hier das Gewicht des Gemenges, das unsere Kulturböden darstellt, dividirt durch das Gewicht eines gleichen Volumens Wassers zu verstehen und nicht das spez. Gewicht der die Ackererden zusammensetzenden einzelnen Bestandtheile. Denn sonst ist die spez. Wärme humusfreier und wasserfreier Böden so ziemlich dieselbe; sie schwankt nur zwischen 0,193 und 0,208, ist im Mittel also 0,2 = $^1/_5$ der des Wassers anzunehmen.

2) Bei dem Erkalten der Böden ist der Humusreichthum sehr maßgebend. Die Humusböden haben eine sehr hohe wärmehaltende Kraft, da bei ihnen die spez. Wärme am größten ist, bei dem Torf z. B. 0,507. Die Farbe hat auf das Erkalten durch Strahlung keinen Einfluß, wohl aber die Oberflächenbeschaffenheit.

ist, aber die Pflanzen durch die wenigen, im Boden befindlichen Wurzeln sich noch frisch zeigen. Durch das Andrücken einer in Bestockung begriffenen Saat erhalten die untersten Stengelknoten Schutz und Feuchtigkeit genug, neue Adventivwurzeln zu treiben und auf diese Weise den Schaden an Befestigungs- und Ernährungsorganen wieder allmälig zu ersetzen. Namentlich bei Getreidepflanzen wird das Walzen günstig wirken und es lassen sich bei feuchter Frühjahrswitterung aus solchen aufgezogenen Pflanzen noch kräftige Halme heranziehen.

Als Vorbeugungsmittel wird selbstverständlich die Drainage wirken. Günstig mag sich auch ein Lockern mooriger Erden durch Ueberfahren mit Sand zeigen. Kühn[1]) fand auch in dieser Beziehung die Drillkultur wirksam, indem man hierbei die Saaten behackt. Zwischen diesen entstehen dadurch „kleine Rillen, in die sich die Nässe vorzugsweise zieht, und so beobachtet man unter den angeführten Umständen in den Zwischenräumen ein Aufziehen des Bodens, während die Pflanzenreihen selbst unberührt davon bleiben.“ Hedwig[2]) empfiehlt frühe Bestellung der Saat, um möglichst reiche, recht tiefgehende Wurzeln zu erzielen und dadurch die Pflanze mehr im Boden zu befestigen.

V. Ausfrieren.

Aber nicht nur durch Aufziehen können die Saaten in stark wasserhaltigen Böden leiden, sondern auch durch das Ausfrieren. Der reiche Wassergehalt des Bodens giebt bei reichlichem Nährstoffvorrath Veranlassung zu einer weit üppigeren Entwicklung der Saat, deren Blätter breiter und länger, deren Wurzeln dicker und saftiger als auf trocknem Boden erscheinen. Wenn bei allmäligem Sinken der Temperatur die Pflanzen zur normalen Winterruhe gelangen, wird ein scharfer Frost in seltenen Fällen von Nachtheil sein. Bisweilen tritt aber eine strengere Kälte plötzlich ein und die Pflanzen, welche durch ihren Wasserreichthum viel länger zu Neubildungen angeregt und viel weniger ausgereift sind, unterliegen dem Frost, während auf trocknem Boden die ausgereiften Pflanzen glücklich widerstehen.

Nach der Wiener landw. Zeitung (citirt in Fühling's N. landw. Zeit. 1871. Heft 7 p. 551) hat man bei dem im Winter 1870 stark auftretenden Auswintern von Roggen- und Weizensaaten die Erscheinung beobachtet, daß neben einander liegende, mit demselben Saatgut bestellte Felder sich sehr ungleich gegen den Frost verhalten haben. Als Erklärung fand man, daß die früh besäeten Felder widerstandsfähigere Pflanzen gaben, was auf ein besseres Ausreifen schließen läßt. Auch zeigten sich die mit der Maschine besäeten Felder als besser durch den Winter gekommen, als diejenigen, die mit der Hand breitwürfig besät waren. Erstere Erklärung scheint im Widerspruch mit einer Beobachtung Körnicke's zu stehen, der in demselben Jahre in der Rheinprovinz fand, daß die üppig entwickelten, älteren

1) Krankheiten der Kulturpflanzen 1859. S. 11.
2) cit. bei Göppert: Wärmeentwicklung &c. S. 236.

Blätter von Weizen- und Gerstenpflanzen zuerst erfroren und erst später durch wiederholtes nasses Einfrieren auch die jüngsten Blätter getödtet wurden. Der Widerspruch wird sich lösen bei der Annahme, daß der Tod durch jähes Aufthauen erfolgt. Als die älteren Blätter noch lebendig bei den Körnicke'schen Pflanzen waren, schützten sie durch ihre schlechtere Leitung die eingeschlossenen Herzblättchen vor dem schnellen Temperaturwechsel. Der Schutz fiel fast weg, sobald durch den ersten Frost die alten Blätter getödtet waren, also schlaff sich aus einander bogen.

Ebenso deutlich zeigt sich dieses Verhältniß in manchen Baumschulen, welche auf schwerem Boden angelegt worden sind. Bei sonst freier sonniger Lage erfrieren nach nassen Sommern häufig die Birnen, während dieselben Sorten auf Sandboden glücklich durch den Winter kommen. Im ersteren Falle zeigen dieselben bis in den Spätherbst hinein ein fortwährendes Weiterwachsen der Zweige bei allmälig immer kleiner werdenden Blättern. Der Gärtner, der das Erfrieren unter solchen Umständen voraussieht, sucht sich dadurch zu helfen, daß er im Herbst die Zweige entlaubt oder auch wohl die Zweigspitzen erst einmal um ihre Achse und dann nach unten dreht. Durch die hervorgebrachte Zerstörung des Zusammenhanges im Gewebe der gedrehten Stelle wird das Spitzenwachsthum des Zweiges unterbrochen und auf diese Weise die Ruhe künstlich herbeigeführt. Auch hier wird die Drainage die beste Abhülfe verschaffen. Ob Schutzpflanzungen auf der Seite, von der die herrschenden Winde kommen, von Nutzen sind, läßt sich mit Sicherheit nicht angeben, da die Erfahrungen über diesen Punkt sehr widersprechender Natur sind. Wind, der bei warmem Wetter beginnt und die Pflanzen durch starke Verdunstung wasserärmer macht, wird nützlich wirken.

Capitel IV.

Schädliche atmosphärische Einflüsse.

§. 1. Wärmemangel.

Weit abhängiger als von der Temperatur der Ackerkrume ist die Pflanze von der Lufttemperatur. Ehe noch der Boden den Schwankungen der Luftwärme folgen kann, hat die letztere bereits das Pflanzenleben geweckt und bisweilen schon zur bedeutenden Entwicklung gebracht. Man erinnere sich nur an diejenige Art der Weintreiberei, bei der die Weinstöcke außerhalb des Treibhauses eingepflanzt sind und einzelne Zweige mitten im Winter in das Haus geleitet werden, wo sie sich bis zur Blüthe entfalten, während der Boden, der die Wurzeln umgiebt, noch gefroren

ist. Freilich ist nicht jeder Pflanzentheil im Stande, mit derselben Schnelligkeit den Temperaturschwankungen zu folgen. Während Blätter und dünne Stengel in kürzester Zeit ihre Temperatur mit der der Luft steigern oder vermindern, werden dicke Stämme einer bedeutend längeren Zeit dazu bedürfen, zumal da alle Pflanzengewebe schlechte Wärmeleiter sind. Aus diesem letzteren Umstande erklärt es sich, daß dicke Stämme bald wärmer, bald kälter als die umgebende Luft sind und zwar sind sie durchschnittlich am Tage stets kälter, in der Nachtzeit wärmer als die Luft. Aber auch die dünnen Pflanzentheile, die in die Luft hinausragen, sind am Tage kälter, während sie in Wasser oder der Erde wohl dieselbe Temperatur als das sie umgebende Medium zeigen. Diese Abkühlung der Blätter rührt von ihrer Ausstrahlung her; solche wird um so größer sein, je mehr Oberfläche der Pflanzentheil im Verhältniß zu seinem Volumen besitzt. Behaarte Blätter werden mehr Wärme durch Ausstrahlung verlieren, wie glatte. Als weitere Ursache der Abkühlung ist aber auch die Verdunstung zu betrachten, welche auf Kosten der Wärme des Pflanzentheils vor sich geht und diese beiden Ursachen erklären denn auch die Erscheinung, daß in hellen Nächten das Thermometer unmittelbar zwischen dicht stehenden Pflanzen mit dünnen Blättern, wie im Rasen einer Wiese, eine um mehrere Grade geringere Temperatur anzeigt, als in der Luftschicht über denselben. Ist die Luftwärme selbst nahe dem Gefrierpunkte des Wassers, so können durch die Strahlung die Pflanzentheile selbst schon unter 0 Grad erkältet sein und in Folge dessen zu Grunde gehen oder wenigstens einzelne ihrer Funktionen zeitweilig einstellen. Es ist ja bekannt, daß jede Pflanze nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen ihren Lebenslauf normal vollenden kann und innerhalb dieser Skala erfordert gewiß jeder bestimmte Lebensakt der Pflanze eine bestimmte Höhe der Temperatur, unter und über welcher er sich überhaupt nicht mehr vollzieht. Nach den Beobachtungen von Sachs (Lehrbuch III. Aufl. S. 636) können die Feuerbohne und der Mais (**Phaseolus multiflorus** und **Zea Mays**) nicht ihre Chlorophyllkörner grün färben, wenn die Temperatur nicht wenigstens + 6° C. beträgt. Ebenso verhält sich der Raps. Die Pinie (**Pinus Pinea**) braucht wenigstens 7° C. Die Kohlensäurezersetzung zeigt sich bei **Potamogeton** erst zwischen 10—15° C.; dagegen bei **Vallisneria** schon oberhalb 6° C., bei den Blättern der Lärche (**Larix**) bei 0,5—2,5° C. und bei den Wiesengräsern bei 1,5—3,5° C. Die Bewegung der Blätter der Sinnpflanze (**Mimosa pudica**) tritt erst ein, wenn die Temperatur der umgebenden Luft 15° C. übersteigt u. s. w. Wir begnügen uns mit den Angaben der unteren Temperaturgrenzen. Die untere Grenze wird als Temperaturminimum, die obere als Temperaturmaximum zu bezeichnen sein. Innerhalb dieser Grenzen ist ein Punkt anzunehmen, in welchem sich ein Lebensakt am besten vollzieht, das Temperaturoptimum. Es stellt sich also ein jeder Vorgang folgendermaßen in seiner Abhängigkeit von der Wärme dar: er beginnt erst bei einer gewissen, für jede Pflanzenart, vielleicht sogar für jedes Individuum feststehenden Grenze, der Minimaltemperatur, steigert sich in seiner Energie bis

zum Optimum und läßt dann wieder allmälig nach bis zur Maximalgrenze, wo er ebenfalls aufhört.

Die Ansprüche, welche eine jede Pflanze an die Temperatur stellt, sind außerordentlich verschieden. Während z. B. nach Uloth[1]) die Samen von Weizen und Ahorn (Acer platanoides) in Eis keimten und die jungen Würzelchen sich in das Eis eingruben, das sie durch die bei der Keimung zunächst entwickelte Wärme aufthauten, beanspruchen die Samen mancher Tropenpflanzen für denselben Vorgang etwa 15° C. Daraus läßt sich schon ersehen, daß eine Temperatur, bei welcher unsere einheimischen Wiesenpflanzen kräftig wachsen, für manche eingeführte Kulturpflanze nicht mehr hinreicht, auch nur mühsam ihr Leben zu fristen; sie gehen aus Wärmemangel zu Grunde, erfrieren also.

I. Erfrieren.

Bei der Bezeichnung „Erfrieren“ ist durchaus nicht immer an eine Temperatur zu denken, bei welcher das Wasser gefriert. Denken wir an die zarteren Anoecochilus-Arten, an Begonia Twaitesii, deren Blätter fleckig werden und faulen, wenn sie einige Zeit + 5° C. ertragen sollen. Andere Pflanzen hören zwar auch auf, zu wachsen, sobald eine für sie zu niedere Temperatur (auch über 0°) eintritt, aber sie besitzen die Fähigkeit, bei eintretender größerer Wärme wieder ungestört weiter zu wachsen und schließlich haben wir in jedem Herbst Gelegenheit, selbst Pflanzen zu sehen, die steif gefroren und spröde wie Glas sind und die trotzdem nach dem Aufthauen noch weiter zu wachsen im Stande sind. Letztere waren also gefroren, d. h. ein Theil ihres Wassers zu Eis erstarrt und die Pflanzen waren nicht erfroren. Das Gefrieren des Wassers in den Pflanzen ist nicht nothwendig der Grund für das Erfrieren derselben, sondern nur eine sehr häufige Begleitserscheinung. Hat eine Pflanze die je nach ihrer spezifischen Natur nothwendige Wärme nicht mehr, um z. B. gewisse Stoffverbindungen herzustellen, so wird zunächst eine Ernährungsstörung an denjenigen Punkten des Gewebes eintreten, wo die Stoffbildung stattfinden soll und diese zur Veranlassung vieler anderen Störungen, die endlich den Tod des Individuums herbeiführen. Auch schon das Aufhören bestimmter Bewegungen, die an eine gewisse Höhe der Temperatur gebunden sind, wird der Grund zum Absterben der Pflanze. Ein Beispiel hierfür bietet der Stillstand des Protoplasma's bei zu geringer Wärme; zieht sich dabei der Primordialschlauch von der Wandung zurück, dann ist die Vermittlung zwischen Zellinnerem und Zellwand aufgehoben und die Zelle geht bei längerer Dauer dieses Zustandes zu Grunde. Ist die Temperatur des Pflanzentheils dabei soweit gesunken, daß Wasser zu Eis erstarrt, dann schießen auf der Außenseite der Zellhaut kleine Eiskrystalle an. Diese aus dem Imbibitionswasser der Zellhaut

1) Fühling's Neue landw. Zeit. 1871. Heft 11. S. 875.

entstandenen Krystalle werden immer größer, indem sich an ihrer Basis immer mehr Wasser aus den Molekularinterstitien der Zellwand heraus zu Eis verwandelt. Schließlich sind die sämmtlichen feinen Eisprismen zu einer Eiskruste vereinigt. Die Zellwand hat den erlittenen Wasserverlust zu decken gesucht, indem sie aus dem Zellinhalt neue Wassermengen aufnahm.

So wird der Protoplasmakörper der Zelle wasserärmer und durch die Kälte zusammengezogen und diese beiden Zustände können endlich eine solche Intensität erreichen, daß die einzelnen Moleküle der Zellwand und des Protoplasma's dauernd in ihrer Gleichgewichtslage gestört, sich auf eine Weise umlagern, die keine Lebensthätigkeit mehr gestattet. Die durch Frost getödtete Zelle zeigt dann, daß ihre Wandung keinen Widerstand gegen den Druck des Zellsaftes leistet und letzteren allmälig ausfließen läßt. In unmittelbarer Berührung mit der Luft geht derselbe in Zersetzung über; und die Zelle selbst fällt zusammen: der erfrorene Pflanzentheil sieht welk aus und vertrocknet oder verfault schnell. Dieser heraustretende Zellsaft, welcher die Fäulniß einleitet, dringt durch die Molekularinterstitien und nicht etwa durch Risse der Zellwand, welche durch den Frost entstanden wären. Wohl kann in einem gefrorenen Pflanzentheile das Gewebe durch das Eis in einzelne Gruppen zersprengt werden und, was häufig zu beobachten, die Oberhautzellen von dem darunter liegenden Parenchym abgehoben erscheinen, aber ein Zerreißen der einzelnen Zellen durch das Gefrieren des Wassers ist bisher nicht beobachtet worden. Es fällt somit die früher allgemein und jetzt noch von Praktikern häufig genug ausgesprochene Ansicht, daß der Frost die Pflanze durch Zerreißen der Zellen tödtet, als haltlos zusammen.

Es wurde oben ausgesprochen, daß die störenden Einflüsse der erniedrigten Temperatur erst eine gewisse Intensität erlangen müssen, bevor sie fähig sind, die Moleküle des Protoplasma's oder der Zellwand aus ihrer Gleichgewichtslage derart zu entfernen, daß sie sich umlagern, d. h. daß sich die organisirten Gebilde chemisch oder physikalisch verändern. Ist der störende Einfluß nicht so groß, so können bei allmäligem Wärmerwerden der Temperatur die alterirten Organe in ihre gewöhnlichen Funktionen zurücktreten. Es kann, wenn die Zellwand sich allmälig erwärmt, das auf derselben entstandene Eis langsam schmelzen und das dadurch gebildete Wasser von der Zellwand wieder aufgenommen, dem Protoplasma wieder zugeführt, die frühere physikalische Constitution desselben wieder hergestellt und so dasselbe befähigt werden, seine chemischen Aktionen wieder zu beginnen. Wenn aber die Eiskruste der Zelle schneller thaut, als die Zellwand im Stande ist, das entstehende Wasser aufzunehmen, so dringt der Ueberschuß an Wasser in die Zwischenzellräume und die Pflanzentheile erhalten dann jenes transparente Ansehn, das von den erfrorenen Blättern her zur Genüge bekannt ist.

Derselbe Kältegrad kann bei derselben Pflanze somit einmal unschädlich, ein andermal tödtlich wirken, je nachdem das Aufthauen einmal allmälig und ein zweites Mal plötzlich erfolgt. Dieser letztere Fall tritt ein, wenn man gefrorene

Blätter oder krautartige Stengel mit der warmen Hand anfaßt. Die Berührungsstellen werden häufig nach dem Aufthauen schwarz und sterben ab. Neuere Beweise über das Erfrieren durch plötzliches Aufthauen liefert Körnicke[1]). Die Rübsenpflanzen eines Feldes waren sämmtlich erfroren mit Ausnahme der an den Furchen und auf tiefer stehenden Ackerstellen befindlichen Pflanzen, welche dadurch erhalten blieben, daß in dem fast schneelosen Winter ein feiner Schneestaub an diese Pflanzen angeweht war. Derselbe reichte nicht hin, die Pflanzen zu bedecken, sondern umhüllte nur den Wurzelhals, welche Stelle gerade bei den ungeschützten Pflanzen sich erfroren zeigte, während die im Boden befindlichen Wurzeln und die Blätter gesund waren. Offenbar konnte diese dünne Schneedecke nicht die Temperatur-Erniedrigung abhalten, wohl aber das plötzliche schnelle Aufthauen verhindern. Ein älteres, sehr lehrreiches Beispiel liefert Karsten[2]). Eine größere Sendung von Baumfarn (Balantium) hatte auf der Reise 20° Kälte zu überstehen. Die bei der Ankunft in noch gefrorenem Zustande in's warme Haus gebrachten Pflanzen waren getödtet, während die zuerst in kaltes Wasser zum Aufthauen gelegten Stämme, die danach in ein kaltes Haus kamen, fast alle am Leben blieben. Daraus geht hervor, daß nicht der Frost, sondern das schnelle Aufthauen die Todesursache war.

Schnelle, starke Temperaturschwankungen auch innerhalb einer Skala über 0° werden nicht wirkungslos bleiben. Sachs[3]) hat nachgewiesen, daß jeder auch schnell eintretenden Hebung oder Senkung der Temperatur eine Hebung und Herabstimmung der Wachsthumsgeschwindigkeit folgt; jedoch haben diese Schwankungen, wie durch de Vries beobachtet worden, durchaus keine in die Augen springenden, nachtheiligen Folgen für die Pflanze.

Aehnlich verhalten sich bei manchen Pflanzen die Schwankungen in einer Skala, die mehrere Grade unter 0° beginnt und bedeutend über 0° steigt. Dieselben Pflanzen erfrieren aber, wenn sich in kurzer Zeit der Temperaturwechsel mehrmals wiederholt, wie aus den Versuchen von Göppert[4]) hervorgeht. Wolfsmilchpflanzen (Euphorbia Lathyris) wurden aus einer Temperatur von — 4° in ein Zimmer von + 18° gebracht. Die durch den Frost mit ihrer Spitze abwärts gebogenen, an den Stengel angelegten Blätter erhoben sich alsbald und nahmen ihre normale wagerechte Stellung wieder an. Derselbe Vorgang zeigte sich bei einer innerhalb zweier Tage stattfindenden fünfmaligen Wiederholung des Versuchs. Am dritten Tage begann das Aufrichten der Blätter nachzulassen und nach 8 Tagen waren die Pflanzen todt. Die Pflanze war hier also in Folge wiederholter Einwirkung niedrigerer Frostgrade vernichtet, während sie im Freien in

1) Neue landw. Zeitung 1871. Heft 8. S. 590.

2) Ueber die Wirkung plötzlicher bedeutender Temperaturveränderung 2c. Bot. Zeitung 1861. Nr. 40.

3) Lehrbuch d. Bot. III. Aufl. S. 638.

4) Ueber die Wärmeentwicklung in den Pflanzen 2c. 1830. S. 62.

unbedecktem Zustande — 10 bis 12° längere Zeit hindurch schadlos erträgt. Aehnliche Resultate ergaben dieselben Versuche mit vielen andern Pflanzen. Daraus erklären sich die Wahrnehmungen der Praxis, daß geringere Kältegrade an manchen Orten Pflanzen tödten, welche gleichzeitig an andern Orten mit konstanteren Temperaturen eine viel größere Kälte vertragen.

Göppert macht noch auf einen anderen Umstand aufmerksam, welcher zur Erklärung der vielen Widersprüche dienen kann, welche sich bei Beobachtungen über die tödtliche Wirkung geringer Frostgrade an Pflanzen ergeben, die viel stärkerer Kälte gewöhnlich trotzen. Es kommt nämlich auch darauf an, in welchen Verhältnissen sich die Pflanzen vor Eintritt des Frostes befunden haben, wie ein Versuch mit dem gewöhnlichen Kreuzkraut (Senecio vulgaris) und dem Straßenrispengrase (Poa annua) zeigt. Töpfe mit diesen Pflanzen, welche bereits eine Kälte von 9° überstanden hatten, wurden für 15 Tage in ein Gewächshaus von 12—18° Wärme gebracht. Nach dieser Zeit erfroren sie schon bei einer Kälte von 7°, während andere Exemplare derselben Arten, welche während dieser Zeit im Freien gewesen, sich bei schnellem Aufthauen vollkommen unversehrt erwiesen. Die getödteten Pflanzen waren durch den Aufenthalt im Warmhause verzärtelt worden. Zu demselben Schluß kommt neuerdings Körnicke[1]) bei der Beobachtung, daß französische Getreidevarietäten durchschnittlich weit mehr dem Froste erlegen sind, als Sorten, die aus den Provinzen Preußen und Schlesien stammten. Die längere Kultur in einem Lande mit mildem Winter hat die Varietäten weniger widerstandsfähig gemacht.

Außer diesen Verhältnissen sind noch manche andere Punkte in Betracht zu ziehen. So zeigen viele Pflanzen ein durchaus verschiedenes Verhalten, je nach der Zeit der Frosteinwirkung. Pflanzen wärmerer Klimate ertragen manchmal eine kurze Zeit anhaltende Temperatur von —2 bis 3° und sterben dagegen plötzlich, wenn nur 1° Kälte 24—48 Stunden anhält.

Der schädliche Einfluß einer niedrigen Temperatur kann ferner hervorgerufen oder wenigstens erhöht werden durch starke Winde. Dies beruht wahrscheinlich auf der stärkeren Verdunstung des gefrorenen Wassers bei stark bewegter Luft. Es ist bekannt, daß Eis verdunstet und Göppert wies dies durch direkte Wägungen auch an den gefrorenen Pflanzentheilen nach. Die dazu nöthige Wärme wird der Pflanze entzogen, deren Abkühlung also erhöht und dadurch bisweilen der Tod hervorgebracht, während geschützt stehende Exemplare lebendig bleiben. Die Wirkung des Windes zeigt sich in dem strichweisen Erfrieren mancher Saaten. Manchmal geht ein Froststrich über die verschiedensten Bodenverhältnisse weg und auf demselben Ackerstück bleibt ein Stück, das fast scharf abgeschnitten ist, gesund. Auf entgegengesetzte Weise wirkt der Sturm, wie oben erwähnt, wenn er längere Zeit vor Eintritt eines Frostes begonnen hat.

---

1) Annal. d. Landw. cit. in Neue landw. Zeit. v. Fühling 1871. Heft 8. S. 586 ff.

Am wenigsten durchschnittlich leiden diejenigen Pflanzen und Pflanzentheile, deren Wachsthum in eine Ruheperiode eingetreten ist und es ist bekannt, daß trockne Samen bedeutende Kältegrade schadlos überdauern, während sie im angekeimten Zustande bei viel geringerem Frost zu Grunde gehen.

Alle diese Wahrnehmungen beziehen sich nur auf die Erklärung der Thatsache, daß ein und dieselbe Spezies hier eine Temperaturerniedrigung der Luft ohne Gefahr verträgt, die am andern Orte das Leben der Pflanze vernichtet. Bei Vergleichung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Pflanzenarten mit einander ist in erster Linie der Artcharakter maßgebend; denn jede Pflanze macht ihre speziellen Ansprüche an die Temperatur; bei jeder vollziehen sich die einzelnen Lebensakte mit größter Energie bei einer andern Temperatur und nur aus diesem Umstande lassen sich die eigenthümlichen oft entgegengesetzten Erscheinungen erklären, die ein bestimmter Frostgrad bewirkt. Um nur ein Beispiel dieser Art anzuführen, sei die Beobachtung von Göppert[1]) erwähnt, daß bei manchen Pflanzen die jüngeren, bei andern die älteren Blätter dem Frost zuerst erliegen. Bei einer Sophora gingen die älteren Blätter bei —1,5°; die jüngeren erst durch —3° zu Grunde; bei Ricinus communis dagegen erfroren die jüngeren Triebe bei 0,5°, die älteren erst bei —1° R.

II. Herbstlicher Laubfall.

Die Temperaturerniedrigungen, welche nicht den Tod zur unmittelbaren Folge haben, bedingen aber eine Reihe anderer Erscheinungen, von denen die allgemeinste die normale Herbstfärbung der Blätter und der herbstliche Laubfall ist. An der Färbung nehmen, wie schon früher erwähnt, auch die wintergrünen Gewächse Theil. Die Farbenänderung ist mit einem Wechsel in der Lagerung oder der Constitution protoplasmatischer Gebilde, der Chlorophyllkörner, verbunden.

Nach Kraus[2]) nehmen die Blätter bei Eintritt des Winters entweder eine braune Farbe an, wie die Mehrzahl unserer einheimischen Nadelhölzer und der Buxbaum, oder aber es macht sich die am häufigsten auftretende Rothfärbung der

---

1) A. a. O. S. 20. — Unerklärt bleibt vorläufig das von Göppert S. 19 der bisherigen Annahme entgegen aufgestellte Gesetz: „daß nämlich an ein und derselben Pflanze die jüngeren Blätter und Triebe länger der Einwirkung allmälig auftretender Kälte widerstehen, als die älteren."

Erklärlich erscheint es, wenn nur die Entblätterung bei Herbstfrösten damit gemeint ist bei einer Temperatur, die die Triebe überhaupt nicht gänzlich tödtet. Es ist indeß auch möglich, daß die concentrirteren Lösungen, die wir als Zellinhalt jüngerer Gewebe annehmen müssen und die einen tiefern Gefrierpunkt haben, als minder concentrirte Salzlösungen, hierbei in's Spiel kommen.

2) „Ueber die winterliche Färbung immergrüner Gewächse" in Sitzungsber. d. physik.-mediz. Soc. zu Erlangen cit. in Oekonom. Fortschritten 1872. Nr. 1 und 2.

Blätter geltend, von der Treviranus[1]) meint, daß diejenigen Pflanzen sie zeigen, die reich an Säure und oxalsaurem Kalk sind. So entwickeln Vinca, Helleborus Dianthus, Polypodium, die Cruciferen, Umbelliferen und Labiaten keine wesentliche Rothfärbung.

In andern Fällen tritt aber auch nur ein veränderter grüner Farbenton auf. Letztere Nüancenveränderung wird durch eine bei allen Pflanzen stattfindende Lageveränderung der Chlorophyllkörner bedingt, welche ihre, die ganze Zellwand gleichmäßig bedeckende Stellung verlassen und in Klumpen sich zusammenballen; diese liegen nie an den Stellen der Zellwand, welche Intercellularräume begrenzen. Die Rothfärbung wird durch Ballen von Gerbstoff bedingt, die bald wandständig, bald als Kugeln in der Mitte der Zelle auftreten und in den nicht von der Rothfärbung betroffenen Pflanzentheilen gelblich, in den gefärbten aber leuchtend carminroth erscheinen. Bei denjenigen Pflanzen endlich, welche schmutzig braungrün werden, geschieht dies durch eine Verfärbung und mehr oder minder hochgradige Formzerstörung der Chlorophyllkörner. In den obigen Beispielen von Kraus ergab die Untersuchung, daß die unmittelbar unter der Epidermis der Oberseite liegende dichte Zellschicht, das sogenannte Pallisadenparenchym, feinkörnige, lebhaft rothbraun bis kupferroth gefärbte Protoplasmamassen an Stelle der verschwundenen Chlorophyllkörner enthielt. Je weiter man in dem Blattinnern von der braunen Oberseite nach der grünbleibenden Unterseite vordringt, um so mehr zeigen sich Uebergänge von diesen, bisweilen noch als kupferrothe Protoplasmaballen auftretenden Modifikationen zu den unversehrten Chlorophyllkörnern. In allen drei Fällen ist das gelbe Pigment (Xanthophyll), das sich durch Salz- und Schwefelsäure indigoblau färbt, gänzlich unverändert; nur der blaugrüne Bestandtheil (Cyanophyll), den man aus einer alkoholischen Lösung durch Benzol isoliren kann, hat eine Modifikation erlitten und ist mehr gelbgrün geworden, ähnlich wie Cyanophyll durch Behandlung mit Säuren wird. Alle diese Veränderungen lassen sich in kurzer Zeit wieder auf das normale Chlorophyll zurückführen, wenn man abgeschnittene Zweige in die Wärme bringt. Daß die Kälte (und zwar die durch Strahlung verursachte) die Ursache der Verfärbung ist, geht auch daraus hervor, daß nur die in kalten Nächten bereiften Stellen sich verfärben, während die im Innern der Krone befindlichen, irgendwie durch andere Blätter verdeckten Theile keine Farbenänderung zeigten.

Ueber das Abfallen der Blätter ist bereits früher gesprochen worden, soweit dasselbe durch allmälige Herabminderung der Temperatur eingeleitet wird. Insofern läßt sich das Gesetz von Göppert auch verstehen, daß Herbstfröste zuerst die alten Blätter und später erst die jungen zum Abfallen bringen. Die größere Lebensenergie der jugendlichen Pflanzentheile widersteht länger den Prozessen der Bildung

---

1) Ueber den Wechsel des Grünen und Rothen in den Lebenssäften belebter Körper. Bot. Zeit. 1860. S. 282.

einer Trennungsschicht und dem Auftreten organischer Säuren, die normal im Alter des Blattes sich einleiten. Wenn also geringe Herbstfröste, die nicht so stark sind, einen Pflanzentheil zu tödten, auftreten, so befördern sie zunächst den Vorgang, welchen der Herbst schon eingeleitet hat, den Blattabfall. Dieser Vorgang selbst ist schon weiter bei den älteren Blättern vorgeschritten, als bei den jüngeren und demgemäß fallen erstere nur ab, während die letzteren noch an der Achse bleiben. Bei Wiederbelebung der Thätigkeit durch die gesteigerte Tagestemperatur wächst die Spitze solcher entblätterter Pflanzentheile fort und kann noch zahlreiche Blüthen entwickeln, wie unsere Gartenpflanzen in jedem Herbste beweisen.

III. Bewegungserscheinungen.

Bei manchen den Frost überlebenden Pflanzen erfolgen bei dem Gefrieren eigenthümliche Bewegungserscheinungen, welche bei dem Aufthauen wieder verschwinden. Schon oben ist von Göppert die Beobachtung, welche Linné zuerst angestellt hat, erwähnt worden, daß die Blätter einer Wolfsmilch (Euphorbia Lathyris) sich mit der Spitze abwärts neigen, bis das Blatt dem Stengel anliegt. Die Blätter vom Goldlack (Cheiranthus Cheiri) sehen im gefrorenen Zustande wie verwelkt und mannigfach gekrümmt aus und erlangen nach dem Aufthauen wieder ihre frühere Beschaffenheit und Stellung. Neuerdings[1]) beobachtete Göppert, daß nach einer Nachttemperatur von — 7° (am 25. April 1872) die durchschnittlich etwa 1—2′ hohen Stengel der büschelartig wachsenden Ranunculaceen, (Päonien, Delphinien, Adonis), der Dryadeen (Potentilla), der Papilionaceen, Liliaceen excentrisch mit zur Erde gebogenen Spitze geneigt, andere wie Cruciferen (Raps) nur nickend waren. Die breiteren Blätter der genannten Pflanzen waren am Rande von oben nach unten gerollt. Die merkwürdigste Bewegung zeigten die Blüthenstengel der Hyacinthe, der weißen Lilie und der 2—2½′ hohen Kaiserkrone, welche mit steif anliegenden Blättern geradezu auf die Erde hingestreckt erschienen. Nach dem Aufthauen erhoben sie sich wieder in ihre frühere Lage. Nur der Sauerklee (Oxalis Acetosella) zeigte noch tagelang nach dem Aufthauen die Schlaflage, d. h. die nach unten zurückgeschlagenen 3 Blättchen.

Viele holzige Pflanzen, besonders Linden, senken bei dem Gefrieren ihre Aeste.

IV. Frostspalten.

Aber auch stärkere Störungen im Zusammenhange der Gewebe können vorkommen, ohne daß das Leben der Pflanzen dadurch wesentlich beeinträchtigt wird. Manche Pflanzentheile werden durch den Frost zerspalten. In Wäldern vernimmt man in kalten Wintern nicht selten starkes Knallen. Der Grund besteht in der Bildung der Frostspalten der Bäume.

1) Jahrbuch des Schlesischen Forstvereins. Breslau 1873. S. 237.

Solche Spalten entstehen durch stärkere peripherische als radiale Zusammenziehung des Rindenkörpers und des Holzes; sie schließen sich wieder bei steigender Wärme, wenn sich auch die Wundränder niemals mehr oder erst nach vielen Jahren kräftiger Vegetation wieder vereinigen.

Den experimentellen Beweis für die Entstehung der Frostspalten verdanken wir Caspary[1]). Das Holz verkürzt sich bei niedriger Temperatur in der Richtung des Umfanges stärker als in der Richtung des Radius. Bei größeren Bäumen wird dann wahrscheinlich noch die Spannung mitwirken, welche die inneren, noch wärmeren Schichten auf die äußeren, sich schon durch den Frost zusammenziehenden ausüben. Der Ausdehnungscoëffizient des frischen Holzes ist nämlich, wie Caspary durch direkte Messung der Verkürzung frischen Holzes in der Kälte nachweist, so groß sowohl in Richtung des Umfanges als auch des Halbmessers, daß er den aller festen Körper (selbst den des Zinks und Eises) weit übersteigt und nur von der Luft übertroffen wird. Der Spalt wird um so weiter, je stärker die Kälte ist und zwar tritt die größte Weite des Spaltes um so schneller nach der größten Kälte ein, je dünner der Baum ist. Wenn Thauwetter eintritt, schließt sich der Spalt um so langsamer, je tiefer er ist; überhaupt tritt bei den meisten Bäumen die Schließung der Frostspalten bei beginnendem Thauwetter viel später ein, als das Maximum der Ausdehnung des Spaltes nach dem Maximum der Kälte sich zeigt. Wie weit ein Spalt sich öffnet, ist bei derselben Art und Dicke des Holzes sehr verschieden; wenn die Frostspalten aber überhaupt einmal aufgebrochen sind, dann genügt nach ihrem Zusammengehen bei Thauwetter ein sehr geringer Kältegrad, um sie wieder zu öffnen. Dies erklärt sich daraus, daß bei der Entstehung der Spalten zuerst die Cohäsion der Zellelemente in der ganzen Ausdehnung des Stammradius zu überwinden ist, während bei dem Wiederöffnen in demselben Jahre kein Widerstand und im nächsten Jahre nur der letztjährige neugebildete Jahresring zu überwinden ist. Der Frostspalt bildet eine dauernde Wunde im Innern des Stammes mit todten braunen Rändern. Da der Spalt im Sommer geschlossen ist, finden die Ueberwallungsränder, die sich sonst in die Wunde hinein erstrecken würden, einen seitlichen Druck durch ihre gegenseitige Berührung vor; nur der radial wirkende Rindendruck ist aufgehoben und demgemäß entwickelt sich der Ueberwallungswulst der Frostspalten in Richtung des Radius als Vorsprung nach außen; er bildet dann die überall zu beobachtenden stark vorspringenden Frostleisten.

Bei höchster Frostwirkung entstehen nicht nur radiale, sondern auch der Richtung der Jahresringe folgende Spalten, wodurch der Stamm in seinem Innern gänzlich zerklüftet wird.

---

1) Neue Untersuchungen über Frostspalten. Bot. Zeit. 1857. Nr. 20—22.

V. Blatt- und Blüthenverletzungen.

Hierher zu rechnen sind nach A. Braun[1]) die häufig auftretenden Verletzungen an Kastanienblättern und nach Schlechtendal[2]) das Armblüthigwerden der Blüthenrispen bei unserer Roßkastanie und Flieder (Syringa). Wenn Spätfröste die noch herabhängenden jungen Kastanienblätter treffen, werden die vorspringenden Falten des noch geknitterten Blattes gelbfleckig. Später werden aus diesen Flecken wirkliche, reihenweis bei einander liegende Löcher oder zusammenhängende Spalten. Aehnlich verhalten sich die in der Knospenlage gefalteten Blätter der Ahornarten (Acer tataricum und A. platanoides), die oft wie ausgefressen erscheinen. Bei den Blüthen bleibt oft die Entwicklung der Blumenblätter zurück, ja die ältesten, untersten Blumen kommen gar nicht zur Ausbildung. Es vereinigt sich allerdings hier der störende Einfluß des Windes mit dem des Frostes.

VI. Süßwerden der Kartoffeln.

Daß durch den Frost auch chemische Veränderungen im Innern des Pflanzenkörpers bewirkt werden, ist aus dem Süßwerden der erfrorenen Kartoffeln ersichtlich. Auch bei diesem Prozesse zeigen sich nach den Untersuchungen von Einhof und Göppert individuelle Verschiedenheiten. Unter denselben Verhältnissen wurde nur ein Theil der Knollen süß und diese blieben bei dem geringen Kältegrade, welcher überhaupt nur bei dem Zuckerbildungsprozeß herrschen darf, weich, während die andern erstarrten. Brachte man Kartoffeln schnell in größere Kälte (etwa 10°), so gefroren sie sämmtlich ohne Zuckerbildung zu zeigen. Aehnliche Vorgänge wurden bei Birnen und Aepfeln wahrgenommen. Experimentell sind Spaltungen von Lösungen in Wasser und eine concentrirtere Lösung, welche erst bei größerer Kälte gefriert, sowie auch das Entstehen neuer Verbindungen bei dem Gefrieren von Rüdorff[3]) nachgewiesen worden.

---

1) Ueber die Wirkung der Spätfröste auf die Blätter von Aesculus Hippocastanum. Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. d. W. Juli 1861.

2) Bot. Zeit. 1861. S. 263.

3) Rüdorff: Ueber das Gefrieren des Wassers aus Lösungen. Poggendorff's Annalen Bd. CXVI. S. 55—72[1]).

1) Der wichtigste Nachweis ist der, daß aus einer Salzlösung immer nur reines Wasser ausgefriert (wenn nicht in die Eismasse etwas Lösung mit hineingerissen wird). Der Zellinhalt, der als eine Lösung sehr verschiedener Salze zu betrachten ist, wird also durch Gefrieren seines Lösungswassers concentrirter. Nun weisen aber andere Versuche nach, daß, je concentrirter im Allgemeinen eine Lösung ist, um so tiefer ihr Gefrierpunkt liegt. (Daß dieses Sinken des Gefrierpunktes bei einigen Salzen proportional der Menge wasserfreier Substanz, bei andern im Verhältniß mit einer bestimmten Anzahl Wasseräquivalente verbundener Substanzmengen sich herausstellt, ist hier ohne Bedeutung.) Darin liegt eine Erklärung für das verschiedene Verhalten von Pflanzen und Pflanzentheilen gegen Fröste; da wo die größere Concentration ist, wird ein späteres Erfrieren stattfinden. Einige Salze ändern bei dem Gefrieren aber mit der Concentration der Lösung auch ihre Constitution. So weist z. B. Rüdorff vom Kupferchlorid nach, daß es bei schwacher Concentration in blauer Lösung als $CuCl + 12HO$, dagegen in der concentrirten grünen Lösung als $CuCl + 4HO$ vorhanden ist. Wenn man derartig sich verhaltende Salze in der Pflanzenzelle annimmt, findet man eine weitere Erklärung für Veränderungen, welche der Frost hervorruft. Es kann ein so entstehendes Salz aber geradezu

Weitere Untersuchungen über Veränderungen der Constitution von Vogel und Sachs werden später zur Besprechung herangezogen werden.

VII. Verfärbung des Holzkörpers.

Auf einer chemischen Zersetzung beruht ebenfalls die innerliche Braunfärbung der Stämme bei Bäumen, vorzugsweise bei Obstbäumen, die vom Frost gelitten haben. Hier zeigen nicht die äußeren, sondern die inneren Theile des Stammes, namentlich das Gewebe, welches den Markkörper umgiebt, die ersten Spuren des Frostes, indem sie braun werden. Bei stärkerer Einwirkung bräunen sich die Markstrahlen, während die Holzzellen selbst ungefärbt bleiben. Am spätesten erscheinen Bast und Rinde ergriffen. In diesem Falle ist der Pflanzentheil todt und seine Rinde läßt sich leicht vom Holzkörper lösen (trockner Brand). Wenn, wie bei den Steinobstgehölzen, sich in Folge derartiger Frostwirkungen eine Gummosis als Begleitserscheinung entwickelt, so heißt die Erscheinung nach Göppert[1]) „nasser Brand“ oder „Baumkrebs“. Dieser Baumkrebs hat nichts gemein mit dem eigentlichen Krebs an Kernobstbäumen, der eine spezifische, gut charakterisirte Krankheit ist, wie bei den Verflüssigungskrankheiten später gezeigt werden soll.

Zu den Frostwirkungen in der hier besprochenen Richtung rechnet Göppert auch die bekannte regelmäßig kreuzförmige Braunfärbung des Holzkörpers, wie sie bei Cytisus und Acer beobachtet wird (Landwehrkreuz). Wenn nur die Markstrahlen gebräunt sind, ist das Cambium noch lebenskräftig und der Baum kann sich wieder erholen. Gut ist es in solchen Fällen, den Baum nicht zu schneiden, sondern austreiben zu lassen, was der Baum noch auszutreiben vermag. Der erste Trieb ist zwar in der Regel schwach und die Blüthenknospen bleiben ohne Fruchtansatz, aber schon der zweite ist nach Göppert's Beobachtungen kräftig und im Stande, durch neue Holzbildung den Schaden allmälig auszuheilen. Wenn jedoch zu wenig Knospen vom Frost unverletzt geblieben, dann treiben dieselben zwar aus, aber gehen später zurück und der Pflanzentheil geht nach 1—2 Jahren doch noch zu Grunde. Was einmal von dem alten Holzkörper gebräunt ist, bleibt braun.

---

untauglich für die Lebensfunktionen der Pflanzenzelle sein und wir hätten dann den Vorgang, daß eine Pflanzenzelle gefrieren, ihr Lösungswasser zu Eis erstarren und bei dem Aufthauen ruhig weiter funktioniren kann, selbst wenn etwas von dem Lösungswasser verloren gegangen. Tritt aber ein Frostgrad ein, der so viel Eis ausgefrieren läßt, daß die zurückbleibende Lösung einen bestimmten Concentrationsgrad überschreitet, dann können ganz neue Verbindungen entstehen, die, für das Zellenleben nicht tauglich, den Tod herbeiführen. Derselbe Zustand kann erscheinen, wenn ein geringerer Kältegrad, der an und für sich der Pflanze nicht schädlich, durch kurzes Aufthauen unterbrochen, häufig hinter einander eintritt. Das bei einmaliger starker Kälte aus der Zellwand herauskrystallisirende Eis verdunstet zwar auch, aber der Wasserverlust ist lange nicht so groß, als wenn schnell hinter einander hohe Temperaturen eintreten, die das Thauen bewirken. Der Wasserverlust ist also in derselben Zeit viel größer bei so schwankender Witterung; die Wasserzufuhr aber ist in beiden Fällen gleich gering, weil die plötzlichen hohen Temperaturen zwar die oberirdischen Theile treffen, aber die Wurzel unberührt lassen. Dadurch wird der Zellsaft in dem einen Falle concentrirter und kann dann in das Stadium gelangen, wo neue und darunter für das Pflanzenleben schädliche Verbindungen entstehen. Auf diese Weise erklärt sich die schädliche Einwirkung wiederholten Aufthauens nach sonst unschädlichen Kältegraden.

1) Jahrbuch des Schlesischen Forstvereins für 1872. Breslau 1873. S. 238.

VIII. Unfruchtbarkeit.

Der Fruchtansatz kann auch auf andere Weise vernichtet werden, indem Frühjahrsfröste in die Zeit der Baumblüthe fallen. Der Schaden besteht bisweilen einzig im Erfrieren des Fruchtknotens, während die übrigen Blüthentheile ganz gesund bleiben.

IX. Abfrieren der Zweigspitzen.

Fast so regelmäßig wie der Blattabfall zeigt sich bei einzelnen unserer Holzgewächse das Abfrieren der Zweigspitzen. Maulbeerbäume, Akazien und Himbeeren liefern die häufigsten Beispiele hiervon. Genauere Studien über diesen Punkt verdanken wir v. Mohl[1]), der darauf hinwies, in wie verschiedenen Stadien sich unsere Holzgewächse bei Eintritt des Winters befinden.

Bei manchen dauert das Wachsthum der Zweige ungestört fort, so lange die Bedingungen für die Weiterentwicklung überhaupt günstig sind; dasselbe erleidet einen Stillstand durch die Frostperiode und fährt sogleich wieder fort an der Stelle, wo es im Herbst aufgehört hat, sobald die Temperatur es gestattet. Dies ist bei dem Epheu (Hedera Helix) und beim Sadebaum (Juniperus Sabina) der Fall. Bei vielen Bäumen schließt die Entwicklungsperiode eines Zweiges gegen Ende des Sommers von selbst dadurch, daß sich eine Endknospe bildet, welche im nächsten Frühjahr die unmittelbare Fortsetzung des Zweiges übernimmt, wie bei den Obstbäumen, bei Eichen, Eschen, Fichten und Tannen. Bei unsern Kulturen tritt sehr häufig der Fall ein, daß ein zweiter Trieb im Jahre, der Johannistrieb, hervorgelockt wird; derselbe giebt meist unreifes Holz, welches im Winter leicht erfriert, während ein erster Frühjahrstrieb vollkommen ausgereift wäre. Eine dritte große Gruppe läßt im Laufe des Sommers bei der ihnen normalen Entwicklung die mitten in ihrer Entfaltung begriffene Spitze des Zweiges auf einmal abfallen[2]). Die Fortsetzung des Zweiges übernimmt dann im nächsten Jahre die oberste Seitenknospe, wie dies Gymnocladus canadensis und Ailanthus glandulosa, der

---

1) Bot. Zeitung 1848. S. 6.

2) Diese Erscheinung beruht nach v. Mohl auf Bildung einer Trennungsschicht aus umgewandeltem Parenchym, dessen Zellen sich lockern und abrunden; dadurch wird der Verband gelöst und der darüber stehende Pflanzentheil gliedert sich ab. Derselbe Vorgang zeigt sich nach v. Mohl (Bot. Zeit. 1860. S. 276) nicht nur bei dem Abfallen der Laubblätter, sondern auch bei dem Ablösen von Kelch-, Blumen- und Perigonblättern, sowie bei der Abgliederung der Stiele an Blumen- und Blüthenständen. Wahrscheinlich findet dieselbe Bildung auch bei unseren gewöhnlichsten Bäumen, wie Eichen, Pappeln, Weiden, Pflaumen, Pfaffenhütchen (Evonymus) statt, welche vom Juli bis Spätherbst in verschiedenen Jahren in wechselnder Menge ausgereifte Zweige mit ausgebildeten Blättern abwerfen, die „Absprünge“ des Forstmanns. Trockner Standort, zunehmendes Alter, magerer Boden scheinen die Absprünge zu begünstigen (Röse in Bot. Zeit. 1865. Nr. 14).

Götterbaum, zeigen. Die gewöhnlichsten Beispiele hierfür bieten die Linde, Ulme, Platane, Haselnuß. Nun wies Mohl nach, daß die Bäume, deren Zweigspitzen fast regelmäßig bei uns erfrieren, zu dieser letzten Gruppe gehören, welche z. B. in Rom im Oktober bereits ebenfalls ihre Zweigspitzen so regelmäßig abgeworfen und ihre Vegetationsperiode damit faktisch beendet hatten, wie bei uns die Linde. Bei den Bäumen dieser Gruppe, die wir in den Anlagen kultiviren, geschieht dies in der Mehrzahl der Fälle nicht und dies zeigt, daß unsere Sommer für sie zu kurz und zu kalt sind, um ihre vollständige Entwicklung normal zu beenden.

Der Frost trifft deshalb fast immer unreife Triebe. Hierher gehören die Robinie (Robinia Pseud-Acacia), die Gleditschie (Gleditschia), die Sophora (Sophora japonica), der Papiermaulbeerbaum (Broussonetia papyrifera), der ächte weiße Maulbeerbaum (Morus alba), die Trauerweide (Salix babylonica) und der Weinstock (Vitis vinifera). Hier empfiehlt sich, wenn die Zweige erhalten werden sollen, das zeitige Entlauben derselben, ein Verfahren, welches der Zufall wahrscheinlich zuerst kennen lehrte.

Nach den Beobachtungen von Lawrence[1]) wären im Winter 1708—9 unter allen Fruchtbäumen nur die Maulbeerbäume erhalten worden, weil man ihre Blätter schon vor dem Eintritt der Kälte zu Futter für die Seidenraupen abgepflückt hatte.

X. Akklimatisation.

Wenn man bei diesen Beobachtungen bedenkt, wie lange die Gehölze in unseren Klimaten schon kultivirt werden, ohne daß es gelungen wäre, eine derartige Aenderung im Charakter derselben hervorzurufen, daß sie in unseren kürzeren Sommern ihre Triebe vollständig reiften, so liegt der Schluß nahe, daß es eine Unmöglichkeit ist, die Pflanzen zu akklimatisiren. Dieser Schluß ist aber nicht durchaus nothwendig. Man wird allerdings zugeben müssen, daß ein Individuum sich in seinen Lebensbedingungen nicht ändert. Eine Pflanze, gleichviel ob sie aus einer Zelle besteht oder aus Millionen solcher zusammengesetzt ist, wird während ihrer ganzen Lebenszeit an eine bestimmte Skala der Temperatur gebunden sein. Unsere Gerste z. B. gedeiht bei 5—10° und auch bei 30° C. Bodenwärme. Die Entwicklung der Pflanze wird allerdings eine andere sein je nach dem Wärmequantum. Die Pflanze bei 10° C. kultivirt ist stämmig, breitblättrig, ihre Wurzel weiß, aus wenig verzweigten Aesten bestehend; die bei konstanter Bodenwärme von 30° C. ist schwächlich, ihre Wurzel viel verzweigter, dünner und intensiv braun[2]); aber immerhin werden die Pflanzen ihren ganzen Entwicklungsgang durchmachen und keimfähigen Samen erzeugen. So verschieden wie die Gerste auf verschiedenen

1) Göppert, Wärmeentwicklung S. 5.

2) Bialoblocki: Ueber den Einfluß der Bodenwärme auf die Entwicklung einiger Kulturpflanzen. Inauguraldissertation. Leipzig.

Stufen ihrer Wärmeskala sich ausbildet, ebenso verschieden würde jeder Baum innerhalb seiner Wärmegrenzen sich entwickeln. Die Vegetationszeit ist nur eine sehr lange, die Entwicklung eine langsame und die Temperatur, deren Dauer hinreicht, in dem ganzen Entwicklungscyclus einer Gerstenpflanze zum Ausdruck zu gelangen, wird bei dem Baum kaum merklich zur Geltung kommen. Die Differenzen gleichen sich im Laufe der langen Vegetationszeit aus und das Wachsthum des Baumes ist der Ausdruck einer mittleren Jahrestemperatur, deren Schwankungen für denselben Ort und längere Zeit gleich Null für den Baum sind. Ein hundertjähriger Baum hat in diesem Zeitraum also gleiche Wärmebedingungen und daher keine Gelegenheit, so dauernde Abänderungen zu zeigen wie die Gerste.

Wenn ein Zweig davon weggenommen und als Steckling zum selbständigen Individuum herangezogen wird, so ändern sich dessen Ansprüche an die Temperatur sowie an die übrigen Existenzbedingungen nicht, da er nur die Fortsetzung des ersten Individuums ist.

Nimmt man von einer Araucaria einen Seitenzweig als Steckling fort, so bildet derselbe die direkte Fortsetzung des Mutterzweiges; er wächst als Zweig fort und wird niemals Gipfeltrieb. (Daß es künstlich gelingt, das Seitenauge eines solchen Stecklings zur Gipfelpflanze heranzuziehen, gehört nicht hierher.)

Soviel neue Individuen (von langer Lebensdauer) auch im Laufe von Jahrhunderten aus Stecklingen erzogen werden, so stellen sie alle, wie das ursprüngliche Individuum, dieselben Ansprüche an die Temperatur und werden genau alle bei demselben Grade erfrieren, wie Jahrhunderte früher die zuerst bei uns eingeführte Pflanze. Grade bei den Gehölzen unserer Anlagen ist die Stecklingsvermehrung die vorherrschende. Hier werden wir also am wenigsten brauchbares Material für den Beweis finden, daß eine Pflanze fähig ist, sich veränderten Existenzbedingungen anzupassen, wie es das Streben der Akklimatisationsvereine voraussetzt. Solche Beispiele treten aber zahlreich in dem Gebiete der kurzlebigen, krautartigen, durch Samen vermehrten Gewächse auf und selbst diejenigen Bäume, die aus irgend einem Grunde mehr durch Samenzucht vermehrt und absichtlich in andere Kulturbedingungen gebracht worden sind, werden brauchbares Beweismaterial liefern. Ziehen wir nur unsere Kulturvarietäten des Maises, der Weizensorten und Birnensorten in Betracht. Bei den letzteren Beiden zeigen sich Varietäten, die in einem Jahre erfrieren, während daneben stehende andere schadlos durch den Winter kommen; bei dem Mais finden wir eine Sorte, wie den badischen, in unserm Klima reifen, während der daneben stehende Pferdezahnmais nicht reift, da er einer längeren Vegetationszeit bedarf. Was wir bei dem Mais erlangt, suchen wir an oben erwähnten Bäumen zu erlangen.

Die Erfahrung lehrt, daß bei der Vermehrung der Pflanzen durch Samen die Bildung von Pflanzen mit etwas abweichenden Eigenschaften viel häufiger auftritt, als bei der ungeschlechtlichen Vermehrung. Daß bei dieser Varietätenbildung auch Individuen erzeugt werden, die in Rücksicht auf die Temperatur andere An-

sprüche als die Mutterpflanze machen, geht aus den Beispielen der Birnen- und Weizensorten hervor.

Bei der Betrachtung der Varietätenbildung unserer Kulturpflanzen kann man sich dem Eindruck nicht verschließen, daß alle die speziellen Eigenschaften einer Pflanze nichts anderes sind, als der Gesammtausdruck der Lebensbedingungen, unter denen eine Pflanze bisher vegetirt hat. Jeder Lebensbedingung entspricht ein bestimmter Einfluß auf den Pflanzenleib und dieser Einfluß gelangt in einer bestimmten Eigenschaft zum Ausdruck. Nicht alle Lebensbedingungen wirken gleich constant auf den Pflanzenkörper und die Schwankungen dieser Vegetationsbedingungen gleichen sich um so mehr aus, kommen um so weniger einseitig zum Ausdruck, je länger der Entwicklungscyclus einer Pflanze dauert. Durch den Einfluß constanter Vegetationsbedingungen wird auch der Ausdruck derselben, nämlich die Eigenschaften der Pflanze constant. Diese Beständigkeit der Eigenschaften gilt für alle Theile des Pflanzenkörpers, also auch für den Samen, soweit derselbe Eigenthum der Mutterpflanze ist und nicht durch fremden Pollen bei seiner Bildung beeinflußt worden. Also auch dem Samen wohnt von vornherein eine Beständigkeit bei, die Eigenschaften der Mutterpflanze wieder auszubilden, d. h. dem Samen wohnt ein erblicher Bildungstrieb bei. Wenn wir uns immer wieder erinnern, daß der Bildungstrieb zusammengesetzt ist aus einzelnen Faktoren, und jeder einzelne Faktor besteht eben in dem Einfluß jeder einzelnen Vegetationsbedingung, so ist ersichtlich, daß der Bildungstrieb um so beständiger in einer Pflanze sein wird, je gleichmäßiger und länger jede einzelne Vegetationsbedingung auf eine Pflanzenspecies gewirkt hat. Es wirken aber nicht alle Faktoren in derselben Beständigkeit und namentlich nicht bei unsern Kulturpflanzen, von denen oben bereits gesagt ist, daß die Veränderungen bei monocarpen Pflanzen, namentlich bei einjährigen, am einflußreichsten sind, weil sie im Verhältniß zur Entwicklungszeit der ganzen Pflanze viel dauernder einwirken. An und für sich wird also der angeerbte Bildungstrieb bei kurzlebigen Pflanzen viel leichter zu erschüttern und abzuändern sein, als bei perennirenden Gewächsen, wie z. B. bei den Bäumen. Und von den einzelnen Faktoren, die den Bildungstrieb zusammensetzen, werden diejenigen am wenigsten Constanz besitzen, die von den am leichtesten und häufigsten sich ändernden Vegetationsbedingungen bedingt werden. Der Bildungstrieb erscheint somit zusammengesetzt aus einzelnen ungleich beständigen Entwicklungsgesetzen, wie in der Chemie ein Molekül zusammengesetzt gedacht wird aus einzelnen verschieden fest gebundenen Atomen.

Kommt nun eine Ursache, welche den angeerbten Bildungstrieb erschüttert, so wird die Erschütterung diejenigen Componenten desselben am leichtesten zur Abänderung bewegen, die an und für sich die geringste Beständigkeit haben (z. B. Blüthenfarben). Erst bei stärkerer Erschütterung oder längerer Dauer derselben werden auch die constanteren Componenten, wie z. B. das Verhalten zur Temperatur beeinflußt werden.

Abgesehen von einer schroffen und dauernden Veränderung der einzelnen Vegetationsbedingungen ist die stärkste Erschütterung des angeerbten Bildungstriebes der Einfluß fremden Pollens bei der Befruchtung. Aus den neueren Untersuchungen geht aber hervor, daß ein großer Theil der Pflanzen dem Gesetz der Dichogamie unterworfen ist, d. h. zur Erzeugung von Samen auf den Pollen einer andern Pflanze direkt angewiesen ist und daß ein noch größerer Theil jedenfalls sehr häufig dichogam ist. Nur ein kleiner Theil, wie z. B. diejenigen Pflanzen, die sich in geschlossenen Blüthen befruchten, ist homogam (auf den Pollen der eignen Blüthe angewiesen). Je mehr eine Pflanzenspezies zur Dichogamie neigt, um so leichter wird die Erschütterung des angeerbten Bildungstriebes, d. h. die Varietätenbildung sein. Je schneller der ganze Entwicklungscyclus von einer Pflanze durchlaufen wird, je kurzlebiger dieselbe ist, um so leichter wird die Aenderung des Bildungstriebes durch Einwirkung fremden Pollens zum Ausdruck gelangen.

Auch die andere Art der Erschütterung, die in einer länger dauernden Aenderung der Vegetationsbedingungen besteht, wird sich am werdenden Individuum, bei der Embryobildung am leichtesten geltend machen. Je öfter man eine Art in diesen Zustand versetzt, d. h. je öfter man dieselbe durch Samenbildung fortzupflanzen sucht, um so leichter wird die Aenderung des Bildungstriebes eintreten können. Da wir aus unsern Kulturvarietäten sehen, daß die Veränderungen sich auch auf das Wärmebedürfniß erstrecken, daß wir Pflanzen derselben Art in Varietäten besitzen, die bald eine größere, bald eine kleinere Wärmemenge zur normalen Durchführung aller Lebensprozesse beanspruchen, so liegt kein Grund vor, anzunehmen, daß es nicht gelingen werde, von den meisten Kulturpflanzen Varietäten zu erzielen, die unsere Winter aushalten, indem sie in unsern Sommern zum Abschluß ihrer vegetativen Thätigkeit gebracht werden.

Wir werden also sagen können, Akklimatisation ist nicht möglich, wenn darunter das Bestreben verstanden wird, bei einem bereits entwickelten Individuum die Lebensbedingungen zu ändern; Akklimatisation ist aber möglich, wenn Pflanzen möglichst oft in den Zustand gebracht werden, wo veränderte Lebensbedingungen auf die jüngste embryonale Entwicklungsperiode einwirken können. Fremder Pollen ist in dieser Beziehung auch nichts anderes als eine veränderte Vegetationsbedingung, indem durch den osmotischen Einfluß des Pollenschlauches eine andere Ernährung des Embryobläschens bedingt wird.

Der Weg einer erfolgreichen Akklimatisation ist also nicht die Kultur ungeschlechtlich fortgepflanzter Individuen, sondern die möglichst häufige Befruchtung zur Varietäten- und Bastardbildung, wobei immer solche Individuen den Vorzug verdienen, die schon eine Abänderung in der gewünschten Züchtungsrichtung zeigen, sich namentlich widerstandsfähiger gegen unsere Winter verhalten.

XI. Frostschutzmittel.

In Rücksicht auf die Mittel, welche gegen Frostschäden anzuwenden sein werden, ist es nöthig, die Frage zu erörtern, ob die Pflanzen durch die Einwirkung der Kälte sterben oder erst bei dem Aufthauen und durch die Art des Aufthauens zu Grunde gehen. Daß letzterer Vorgang sehr häufig stattfindet, ist zweifellos festgestellt; sicherlich aber wird auch der Tod durch die Kälte selbst hervorgebracht und keine Art des Aufthauens ist dann im Stande, den Pflanzentheil in's Leben zurückzurufen.

Wenn einmal feststeht, daß Salzlösungen durch die Kälte dauernd in Wasser und eine concentrirtere Lösung geschieden werden, daß selbst neue Verbindungen durch das Gefrieren gebildet werden, dann liegt kein Grund vor, diese außerhalb des Pflanzenleibes beobachteten Vorgänge nicht auch auf die Lösungen in der Pflanzenzelle zu übertragen. Um sich eine Vorstellung über die Art und Weise der Veränderungen zu machen, welche organische Substanzen durch Gefrieren erleiden, sei hier an die Beobachtungen von Vogel[1]) und Sachs[2]) erinnert. Ersterer rührte aus 1 Theil Weizenmehl und 16 Theilen Wasser einen Kleister an, von welchem er die Hälfte in ein Gemenge von 3 Pfd. Schnee und 1 Pfd. Kochsalz (Temperatur — 21° R.) brachte. Nach einigen Stunden klebte der Kleister nicht mehr und hatte eine Menge reines Wasser abgesondert. Nachdem die Masse aber bis zum Siedepunkt des Wassers erhitzt worden, gestaltete sie sich wieder zu einer zitternden, homogenen, klebenden Masse.

Nicht alle Stoffe erleiden durch die Kälte derartige Veränderungen; Weinsäure und Essigsäure, Gummi und Zuckerlösung bleiben bei derselben Behandlung intakt. Sachs ließ außer dem Stärkekleister noch Hühnereiweiß, welches durch Hitze vorher zum Gerinnen gebracht worden war, gefrieren. Aus den beiden vorher homogenen Massen bildete sich durch den Frost ein lockeres schwammiges Gewebe, das bei leichtem Druck eine Menge Wasser entließ. Während also vorher in den beiden Substanzen die einzelnen Moleküle derartig gelagert waren, daß jedes eine große Wasserzone um sich zu halten vermochte, sind durch den Frost die einzelnen Theile der Substanz näher zu einander getreten und die zwischen denselben gelagert gewesenen Wasserhüllen sind theilweis ausgestoßen worden. Denkt man sich statt des Kleisters die isomere Zellstoffsubstanz und an Stelle des Hühnereiweißes das Protoplasma in seiner Grenzschicht als Primordialschlauch, so hat man eine ungefähre Vorstellung, wie die vorher widerstandsfähige Zellwand durch den Frost derartig physikalisch verändert worden, daß Wasser oder Farbstoff aus dem Zellinneren jetzt ungestört heraustreten können.

---

1) A. Vogel: Ueber die Veränderungen, die einige Stoffe des organischen Reiches beim Gefrieren erleiden, cit. in Göppert's Wärmeentwicklung, S. 39.

2) Sachs: Handbuch der Experimental-Physiologie. Leipzig 1865. S. 60.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin

W. A. Meyn lith

Einen Vorgang, der an das Ausfrieren des Wassers aus dem Hühnereiweiß erinnert, beobachtete Cohn[1]) an den Zellen einer Wasserpflanze. Zellen von **Nitella syncarpa** wurden einer Temperatur von — 2⁰ ausgesetzt, wobei unter dem Mikroskop noch eine Bewegung des Protoplasma's beobachtet wurde. Bei einer Temperatur von — 3 bis 4⁰ dagegen schrumpfte der Primordialschlauch, wobei offenbar ein Theil des Zellinhalts gefror. Derselbe thauete zwar im Zimmer wieder auf, wobei der faltige Primordialschlauch sich wieder bis an die Zellwandung ausdehnte, allein die Zelle war todt. Hier war der Kältegrad und nicht das Aufthauen die Todesursache.

Einen andern Beweis für diese Ansicht bringt Göppert in seinen neueren Beobachtungen[2]) an Orchideen. Hier zeigen sich chemische Veränderungen des Zellinhalts im Augenblick des Erfrierens. In den Blüthen einiger tropischer Orchideen (**Phajus grandifolius** und **Calanthe veratrifolia**) befindet sich Indigo in der Form von farblosem Indigoweiß, das nach dem Tode der Pflanze als blauer Farbstoff auftritt. Wenn man die milchweißen Blüthen der **Calanthe** zwischen den Fingern quetscht, werden sie sofort blau. Dieselbe Färbung tritt bei dem normalen Absterben der Blüthen auf; ebenso, wenn man Pflanzengifte, wie Aether und Schwefelkohlenstoff einwirken läßt. Es ist also hier die Blaufärbung das Zeichen des Todes, und dieses Zeichen tritt sofort ein, wenn die Blüthen und Zweige der **Calanthe** in eine Temperatur von — 3⁰ gebracht werden, wobei blau gefärbter Zellsaft austritt. Das Austreten von nichtgrünen Farbstoffen aus gefrorenen Pflanzentheilen ist ein ganz allgemeines Zeichen; eines der bekanntesten Beispiele zeigen in dieser Beziehung die erfrorenen Runkelrüben.

Der Gegenversuch zu Obigem, durch allmäliges Aufthauen in Eis und Schnee den früheren Zustand herzustellen, erwies sich hier als vollständig vergeblich.

Wenn man schließlich die Fälle in Betracht zieht, wo Pflanzen aus Mangel an Wärme bei Temperaturen über Null schwarzfleckig werden und faulen und wenn man in der Erklärung des Wortes „Erfrieren" dem allgemeinen Sprachgebrauch gemäß das Sterben der Pflanzen aus Wärmemangel festhält, dann muß man zugeben, daß der Tod der Pflanze durch Frost in beiden Vorgängen stattfinden kann. Entweder bringt die Temperaturerniedrigung selbst eine derartige Umlagerung der Moleküle hervor, daß bei eintretender Wärme ein Zurücktreten in die frühere Lagerung überhaupt nicht mehr möglich ist, somit die Wiederaufnahme der früheren Funktionen unterbleiben muß; oder aber die Pflanze stirbt dadurch, daß durch zu schnelle Zuführung von Wärme dem noch möglichen, aber nur sehr langsam möglichen Zurücktreten der Moleküle in ihre ursprüngliche Lagerung (zum Theil durch

---

1) Bericht der Schlesischen Gesellschaft vom 2. Februar 1871.

2) Wann stirbt die durch Frost getödtete Pflanze ꝛc. Wochenschrift des Vereins zur Beförderung des Gartenbaues in den königl. preußischen Staaten 1871. Nr. 33.

Wiederaufnahme des ausgestoßenen Wassers) d. h. die Wiederherstellung der ursprünglichen Substanzbeschaffenheit ein Hinderniß in den Weg gelegt wird.

Sämmtliche durch Frost hervorgerufene Todesfälle charakterisiren sich durch Gewichtsverminderung des Pflanzentheils, durch spätere Erschlaffung der Zellmembranen und Austreten von Wasser aus dem Zellinnern, in Folge der durch den Frost bewirkten Zusammenziehung der Substanz. In der Regel ist der Erfrierungstod von einem Erstarren des Zellsaftwassers zu Eis begleitet.

Das allgemein angewendete Verfahren, Pflanzen gegen Frost zu schützen, besteht darin, daß man dieselben mit möglichst schlechten Wärmeleitern umgiebt. Man bedeckt die Weinstöcke, Rosen u. s. w. mit Erde oder Laub und bindet die Stämme in Moos, Stroh u. dgl. ein. Alle diese Mittel sind gut. Man versäume aber nicht, in kalten Wintern mit mäßigem Schneefall, auch den Schnee aus den Wegen auf die eingebundenen Pflanzen zu werfen. Es ist allseitig bekannt, daß eingebundene Stämme, z. B. von Rosen, oft erfrieren und dieser Umstand wird erklärlich, wenn man mit einem Thermometer die Temperatur unter dem Deckmaterial untersucht; dieselbe ist nur wenig von der äußeren Lufttemperatur abweichend. Untersucht man dagegen den Boden unter einer vielleicht nur 15 Ctm. hohen Schneedecke, so findet man denselben ganz bedeutend wärmer. Göppert's Untersuchungen[1]) geben auch über diesen Gegenstand die schönsten Belege. Im Februar 1870 war die Temperatur sehr niedrig; das Thermometer sank am 4. auf durchschnittlich — 12,6 Grad und dabei war die Temperatur unter einer 10 Ctm. hohen Schneedecke — 3°. Der Lufttemperatur

von	— 14,7°	am	5/2.	entsprach	eine	Temperatur	unter	dem	Schnee	von	— 4,6°
„	— 17,6°	„	6/2.	„	„	„	„	„	„	„	— 5°
„	— 16,7°	„	7/2.	„	„	„	„	„	„	„	— 5,5°
„	— 16,7°	„	8/2.	„	„	„	„	„	„	„	— 6,5°
„	— 15,4°	„	9/2.	„	„	„	„	„	„	„	— 6°
„	— 14,9°	„	10/2.	„	„	„	„	„	„	„	— 6°
„	— 15,8°	„	11/2.	„	„	„	„	„	„	„	— 5°
„	— 5,7°	„	13/2.	„	„	„	„	„	„	„	— 2°
„	— 2,8°	„	16/2.	„	„	„	„	„	„	„	— 1,5°.

Der Boden selbst war unter der Schneedecke 36 Ctm. tief gefroren, aber die Temperatur desselben selbst an dem sehr kalten 5. Februar in 5 Ctm. Tiefe nur — 1°.

Sprechendere Beweise für den Nutzen der Schneedecke dürften kaum zu finden sein. Es erklärt sich daraus die Möglichkeit der Polarvegetation. Die höchsten bis jetzt beobachteten Kältegrade der Polarzone (— 40 bis 47°) erfahren nur die über den Schnee hervorragenden Stämme der Bäume, nicht die Wurzeln dieser Stämme und ebensowenig die perennirenden krautartigen Gewächse. Diese befinden sich im

---

1) Botan. Zeitung 1871. Nr. 4. S. 54.

Boden in einer nur einige Grade unter 0° betragenden Temperatur der Schneedecke, welche zwar nicht das Gefrieren, wohl aber den Wärmeverlust durch Strahlung, das Eindringen hoher Kältegrade und eine schnelle Abwechslung der Temperatur verhindert. Aber auch bei uns ist häufiger, als wir denken, die Existenz mancher Kulturen an die Schneedecke gebunden. Das Erfrieren der Saaten würde viel häufiger eintreten, sobald ein langer, feuchter und warmer Herbst die Pflanzenentwicklung begünstigt, wenn nicht die Schneedecke sich auflegte, welche die Strahlung und die in unsern Breiten so häufigen starken Temperaturschwankungen abhält. Wir sehen oft genug, wie leicht die ungenügend geschützten oder bloßliegenden Pflanzentheile dadurch erfrieren, daß plötzlich auftretender starker Sonnenschein sie trifft. Der in der Kältestarre befindliche, von der Wandung zurückgezogene, wasserärmere Zellinhalt gewinnt nicht Zeit, sich durch Wasseraufnahme wieder auszudehnen, in normale Wechselwirkung mit der Zellwand und dadurch mit der Umgebung zu treten, und damit ist die Desorganisation der Zelle eingeleitet. Das sind die Vorgänge, die namentlich bei Frühjahrsfrösten eintreten und die Kulturen der Gärtner besonders benachtheiligen. Man hilft sich dann durch Begießen der hartgefrorenen Pflanzentheile mit recht kaltem Wasser und Einrichtung einer Beschattung. Das Wasser auf den Pflanzen gefriert dann zu einer Eiskruste; hierdurch wird die Temperatur der Pflanze selbst langsam auf 0° erhöht und kann nun von dieser Temperatur an nach dem Aufthauen der Kruste sich allmälig weiter erwärmen.

Auf demselben Prinzip der allmäligen Erwärmung beruht das Einschütten erfrorener Kartoffeln und Rüben in Bottiche mit kaltem Wasser und das Zusammenwerfen gefrorener Kohlköpfe in Haufen, die mit Strohmatten bedeckt werden.

Gegen die Nachtfröste im Frühling und Herbst, wo es vorkommen kann, daß die Lufttemperatur gar nicht bis auf 0° sinkt, die Pflanzen aber durch Ausstrahlung gegen den heiteren Himmel unter 0° erkalten und sich mit Reif bedecken und erfrieren, schützt man durch Mittel, welche die Strahlung hemmen. Man spannt Decken und Matten über die Pflanzen; auch sehr dünne Tücher sind hier schon von Wirkung, und bei Mangel an Deckmaterial ist das dünne Belegen mit Reisig hier ganz am Platze. Auch senkrechte Wände erweisen sich häufig als vortreffliches Frostschutzmittel; sie wirken einerseits dadurch, daß sie die Winde abhalten und andererseits dadurch, daß sie die Ausstrahlung der Pflanzen vermindern. Bei Spalierbäumen an Mauern oder Holzwänden kommt außer der ganz bedeutend verminderten Ausstrahlung des Baumes auf der der Wand anliegenden Seite auch noch hinzu, daß die Wand selbst ihre gespeicherte Wärme allmälig abgiebt.

Weniger wirksam, jedoch nicht ganz zu verwerfen, ist ein von alten Schriftstellern empfohlenes, bei Gartenkulturen anwendbares Frostschutzmittel im Frühjahr. Der Stamm von Bäumen wird mit einem Strohseil umwickelt, dessen eines Ende in Wasser taucht. Ueber Beete blühender Frühjahrsblumen werden kreuz und quer in einiger Entfernung von der Bodenoberfläche Stroh- und Wergseile ge-

zogen, deren Enden in einem Gefäß mit Wasser durch einen Stein festgehalten werden.

Zur Erklärung einer günstigen Wirkung dieses Verfahrens wird man an die große latente Wärme des Wassers denken müssen. Wenn das Wasser in den vollgesogenen Strohseilen gefriert, wird Wärme frei, die den darunter liegenden Pflanzentheilen insofern zum Vortheil gereicht, als dadurch das plötzliche Gefrieren alles Wassers verhindert und das Vordringen der Kälte zu den Pflanzen verzögert wird. So gefrieren auch die Pflanzen in der Nähe größerer Wasserflächen weniger leicht. Ein Mittel, welches Gärtner mit Erfolg bei Topfkulturen zur Zeit, wo Nachtfröste zu befürchten sind, anwenden, besteht in der Verminderung des Gießens. Es läßt sich einsehen, daß erstens die Erde selbst weniger erkalten wird, weil weniger Wasser verdampft; zweitens aber wird das Gewebe der Pflanze weniger wasserreich sein und dies ist von besonderem Vortheil. Wenn durch den geringeren Wasserauftrieb der Wurzel aus dem trocken gelassenen Topfboden die einzelnen Zellwandmoleküle mit geringeren Wasserzonen umgeben sind, so rücken die Substanzmoleküle näher an einander. Auf einem bestimmten Raume findet also bei reichlichem Wasserauftrieb und großen Wasserzonen um jedes Molekül sich weniger feste Substanz und eine größere Wasserfläche, die verdunstet. Die reichlichere Verdunstung entzieht der Pflanze mehr Wärme und somit werden stark begossene Pflanzen sich mehr abkühlen als weniger turgescente. In dieser Beziehung können auch Winde günstig wirken, wenn nämlich ein Sturm bei warmer Witterung beginnt, somit die Verdunstung sehr stark beschleunigt und das Gewebe wasserärmer macht. Das Gewebe bleibt in diesem Zustande, wenn im Frühjahr eine dauernd niedrige Bodentemperatur die Wasseraufnahme der Wurzeln verhindert.

Alle diese Verfahrungsweisen lassen sich in der Landwirthschaft im Großen nicht anwenden, wohl aber dürfte ein Mittel die Beachtung des Landwirths verdienen, welches Mayer[1]) wieder neuerdings aus der Vergessenheit hervorgezogen hat, nachdem es früher von Göppert[2]) und Meyen[3]) schon wiederholt anempfohlen und durch Beispiele gestützt worden war. Man zündet nämlich mehrere Feuer, die recht viel Rauch entwickeln, auf den Grundstücken, bei denen man Frostbeschädigungen fürchtet, an. Das Verfahren, das nach Boussingault in Oberperu von den alten Inka's eifrig ausgeübt worden sein und bei den alten Völkern mehrfach ausgedehntere Anwendung gefunden haben soll, wird jetzt noch in Frankreich, in der Umgegend von Rochelle, wie es scheint, jährlich zum Schutz der Weinpflanzungen benutzt. Nach Göppert versuchte Olivier de Serres im Jahre 1639 und später Peter Hogström im Jahre 1757 die Wirksamkeit des Verfahrens durch Versuche festzustellen und an einzelnen Orten hat sich das Räuchern bis auf die

1) Lehrbuch der Agrikulturchemie 1871, I. S. 382.

2) Wärmeentwicklung 1830, S. 230.

3) Pflanzenpathologie 1841, S. 323.

neuere Zeit erhalten. In Neapel machte man des Morgens im Januar einen starken Rauch, um die Feigen, Citronen und Pomeranzen vor dem Frost zu bewahren. In Tyrol, Frankreich, Ungarn, Portugal wurden die Rauchfeuer zum Schutze der Weinstöcke und Obstbäume, namentlich in der Blüthezeit, angewendet. In Würtemberg existiren Verordnungen von 1796 und im Würzburgischen von 1803, nach welchen im Herbst bei eintretender Frostgefahr für die Weinberge Rauchfeuer angezündet werden müssen. In Schlesien wurde eine längere Zeit hindurch in Grünberg von diesem Mittel Gebrauch gemacht; es wurde aber, trotzdem es 20 Jahre hindurch von einem Besitzer mit Erfolg angewendet worden, aus Mangel an allgemeiner Betheiligung wieder aufgegeben. Die allgemeine Betheiligung einer Gegend ist aber nöthig, da sonst häufig ein Einzelner dem Nachbar, auf dessen Felder der Wind den Rauch hintreibt, einen Dienst erweist, ohne Gegendienste zu erhalten. Besondere Vorschriften für diese Schmauchfeuer sind nicht nöthig. In klaren Nächten, namentlich gegen Morgen vor Sonnenaufgang werden die Feuer angezündet und durch feuchte Abfälle, Moos, Stroh u. s. w. genährt, wobei man eben sorgt, daß möglichst dichter Rauch über die Felder hinziehe.

Natürlich wirkt hier nicht die durch das Feuer erzeugte Wärme, welche schon in geringer Entfernung vom Heerde der Flamme nicht mehr nachweisbar sein wird, wohl aber wirkt der Rauch, wie bei dem Gärtner die über die Pflanzen gebreitete Bastmatte oder wie eine Wolkendecke, indem er die zu große Erkältung durch Strahlung verhindert. Durch Tyndal's Entdeckungen wissen wir, daß eine Anzahl Stoffe, wie Kohlenoxydgas, Kohlensäure, Sumpfgas, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und ätherische Oele in äußerst feiner Vertheilung in der Luft derselben die Fähigkeit, Wärmestrahlen durchzulassen, auf ein oft sehr geringes Maaß reduciren. Dieselbe Fähigkeit besitzt nun auch der Wasserdampf [1]). Der Vorgang ist also

---

1) Tyndal: die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung. Deutsche Ausgabe von Helmholtz und Wiedemann 1867. Ueber die Wirkung des Wasserdampfes dürfte es interessant sein, des Autors eigene Worte zu vernehmen. Er sagt S. 500: „Die Wärmewellen eilen von unserer Erde durch die Atmosphäre in den Weltenraum. Diese Wellen stoßen auf ihrem Wege gegen die Atome des Sauerstoffs und Stickstoffs und gegen die Moleküle des Wasserdampfes. Wir könnten glauben, daß die großen Zwischenräume zwischen den Dampfmolekülen eine offene Thür für den Durchgang der Wellen bildeten und daß, wenn diese Wellen überhaupt aufgefangen würden, es durch die Substanzen geschehen müßte, die 99½ % unserer Atmosphäre bilden. Vor drei oder vier Jahren fand indeß der Redner, daß diese kleine Menge Wasserdampf eine 15 Mal größere Wärmemenge auffing, als von der ganzen (unreinen) Luft, in der er vertheilt war, aufgehalten wurde." Je reiner die Luft, desto größer wird im Vergleich die Wirkung des Wasserdampfes, so daß er mit einer bis zu 70 Mal größeren Kraft wirkte, als die Luft, in der er vertheilt war. „Betrachten wir die einzelnen Atome, so ist ungefähr immer 1 Wasserdampfatom für je 200 Atome Sauerstoff und Stickstoff vorhanden. Dieses eine Atom wirkt 80 Mal stärker als die 200; und daher können wir schließen, wenn wir ein einziges Atom Sauerstoff oder Stickstoff mit einem einzigen Atome Wasserdampf vergleichen, daß die Wirkung (Absorption der strahlenden Wärme) des letzteren 16,000 Mal so groß, als die des ersteren ist."

folgender: Am Tage sendet uns die Sonne ihre Wärme in leuchtenden und dunklen Wärmestrahlen, die der Boden theilweis reflektirt, größtentheils aber absorbirt und so lange hält, bis die Luft kälter wird, wie er selbst. Tritt dieser Zustand ein, sucht sich das Gleichgewicht der Wärme dadurch herzustellen, daß die Erde nun ihre Wärme in der Form dunkler Wärmestrahlen an den kalten Luftraum abgiebt. Sind nun aber die unteren Luftschichten mit einem der obenerwähnten Gase oder mit Wasserdampf stark beladen, so nimmt der Wasserdampf die vom Boden ausstrahlende Wärme in sich auf, anstatt durch sich hindurch in die oberen Regionen der Luft zu leiten. Wie groß diese Wärmemenge ist, die von den unteren Luftschichten aufgefangen wird, zeigt Tyndal[1]): „Betrachten wir die Erde als eine Wärmequelle, so werden zum wenigsten 10 % ihrer Wärme innerhalb 10 Fuß von der Oberfläche aufgefangen." Durch diese Absorption der dunklen Wärmestrahlen bilden die unteren wasserreichen Luftschichten einen schützenden Mantel um die Erde, die in Folge dessen nicht soweit erkaltet. Der durch das Feuer erzeugte Rauch ist somit ein künstlicher Mantel aus Wasserdampf, der in Verbindung mit zum Theil noch unbekannten Destillationsprodukten die Durchlässigkeit der Atmosphäre für die von der Ackerfläche ausgestrahlte dunkle Wärme vermindert.

§. 2. Wärmeüberschuß.

Ueber den Einfluß zu hoher Temperaturen als Ursache von in der Natur vorkommenden Krankheiten wird nur in sofern zu berichten sein, als dieselben eine übermäßige Verdunstung hervorzurufen im Stande sind. In unseren Breiten wird aber durch solche übermäßige Temperaturerhöhung selbst in Verbindung mit starker Luftbewegung nur selten eine dauernde Störung zu befürchten sein. Vorübergehendes Welken der Pflanzen verschwindet sehr bald wieder gegen Anbruch der Nacht. Bei dem Ausräumen von Glashauspflanzen im Frühjahr aus stark beschatteten Gewächshäusern bemerkt man allerdings bisweilen ein Zusammenrollen, Trockenwerden und endlich eine Braunfärbung junger Blätter, die in kurzer Zeit abfallen. Dieser Unfall läßt sich leicht vermeiden, wenn man zum Aufstellen der Pflanzen im Freien einen trüben Tag oder die späteren Nachmittagsstunden benutzt. Wieviel hierbei auf Rechnung des plötzlich übermächtigen Lichtreizes, wieviel auf den Einfluß der Wärme kommt, läßt sich vorläufig nicht sagen. Ebenso tragen wahrscheinlich beide Faktoren, Licht und Wärme, gemeinschaftlich die Schuld an den Nachtheilen, die Schacht (der Baum, 1860, p. 305) von der direkten Einwirkung des Sonnenlichtes auf Buchenstämme angiebt, welche ein Einreißen und Abblättern der Rinde zeigen, sobald sie längere Zeit intensiven Sonnenschein zu ertragen haben.

---

1) A. a. O. S. 483.

Hieran schließen sich ferner die Erscheinungen des Samenbruches bei den Weinbeeren. Da letztere Krankheit auch durch andere Ursachen bewirkt werden kann, so findet deren Besprechung unter den Verwundungen einen passenderen Platz. Die Experimente, welche namentlich von Sachs[1]) ausgeführt worden sind oder citirt werden, erstrecken sich vorzugsweise auf die Bestimmung der Temperaturgrenze einzelner Pflanzen und auf die Erhaltung der Keimfähigkeit von Samen, die einer künstlich hohen Temperatur in Luft oder in Wasser ausgesetzt worden sind. Es ergiebt sich daraus, daß trockene Samen höhere Temperaturen vertragen, ohne Schaden zu nehmen, als bereits angekeimte, daß überhaupt wahrscheinlich die Gewebe der Pflanzentheile um so widerstandsfähiger gegen Hitze sind, je geringer der Wassergehalt der Zellen ist; daß ferner die meisten krautartigen Theile bei 10—30 Minuten langem Verweilen in einer Lufttemperatur von 51° C. getödtet werden. Denselben Erfolg zeigt ein 10 Minuten lang andauerndes Eintauchen in Wasser von 45 — 46° C. Sehr leicht möglich ist es überdies, daß Temperaturen, die 5—10° niedriger als die hier angegebenen sind, schon tödtlich wirken, wenn die Pflanzentheile längere Zeit darin zu verweilen haben. Ueber den Einfluß zu hoher Bodentemperatur auf die Wurzeln unserer Getreidearten hat Bialoblocki[2]) Beobachtungen gemacht. Die oberste Grenze der constanten Bodenwärme, bei welcher noch das Leben der Wurzel möglich ist, beträgt etwas weniger als 40° C. Eine nur sehr kurze Zeit währende (4—5 Stunden) Steigerung der Bodentemperatur bis auf 55° C. wurde ohne bemerkbaren schädlichen Einfluß allerdings ertragen, dagegen tödten 50° C. bei längerer Dauer unbedingt die Pflanze. Hier kommt aber das Alter der Pflanze, also wahrscheinlich auch die Concentration des Zellsaftes sehr in Betracht. Je jünger die Pflanze, desto fähiger ist sie, längere Zeit Widerstand zu leisten. Die Veränderungen, welche ein durch zu große Hitze getödteter Pflanzentheil zeigt, sind nach Sachs sehr ähnlich denen, welche erfrorene Gewebetheile zeigen. Die Zellwandungen verlieren ihre Widerstandskraft gegen den Druck des Zellinhalts; der Zellsaft filtrirt hindurch, dringt in die Intercellularräume und macht dadurch das ganze Gewebe durchscheinender. Die Zellen und dadurch die ganzen Organe erschlaffen. Farbstoffe, die in der gesunden Zelle zurückgehalten, treten ungehindert aus, sowie andere ohne Hinderniß in die verbrühte Zelle eintreten können. Aus den gelockerten Zellwandungen verdunstet das Wasser schnell und die verbrühten Pflanzentheile vertrocknen oder verfaulen in kurzer Zeit. Einige häufig auftretende Erscheinungen mögen noch kurz erwähnt werden.

I. Verbrennen der Blätter.

Ein direktes Verbrennen der Pflanzensubstanz wies Neumann[3]) experimentell nach, wenn Wassertropfen in Glashäusern, die stark von der Sonne beschienen und

1) Experimental-Physiologie S. 64 ff.

2) Ueber den Einfluß der Bodenwärme 2c.

3) Adansonia 1860 — 1862 citirt in Botanischer Zeitung 1865, S. 285.

nicht gelüftet sind, auf Blättern längere Zeit liegen bleiben. Der Wassertropfen wirkt dann als Sammellinse, welche die Blattsubstanz verbrennt.

II. Sonnenrisse.

Es dürften hierher auch noch Erscheinungen zu ziehen sein, welche zwar nicht als alleinige, doch aber als nächste Ursache die verhältnißmäßig zu starke Erwärmung und Beleuchtung haben. Diese Erscheinungen bestehen in einem Aufreißen der Rinde von Bäumen im Frühjahr; sie sind von de Jonghe[1]) Sonnenrisse (sunstrokes) genannt worden. Caspary, der Referent der de Jonghe'schen Beobachtungen stellt die Beschädigungen der Bäume durch Rindenrisse als Frostwirkungen hin, indem er annimmt, daß bei plötzlich eintretendem Froste der gefrierende Saft des Cambialgewebes die Rinde zerreißt und vom Holze absprengt, ohne das Holz selbst zu beschädigen. De Jonghe giebt zwar zu, daß eine plötzliche Temperaturveränderung der Luft im Frühjahr ihren Antheil an der Erscheinung habe, aber hält fest, daß die Sonne das Aufplatzen der Rinde in Längsrissen bewirke. Als Beweis führt er an, daß die Risse sich immer nur auf der Südseite der Bäume finden und daß Birnenstämme, welche er zwei Fuß hoch auf der Südseite mit Stroh bedeckte, unversehrt blieben, während nicht bedeckte Stämme gegen Mitte März aufrissen, was auf verschiedenen Grundstücken beobachtet worden ist.

Der richtige Grund dieser Erscheinung dürfte in der Combination beider Ursachen zu finden sein. Wenn man sich erinnert, daß Bäume, die vom Frost gelitten, äußerlich keine Beschädigung zeigen und im Frühjahr auch austreiben, aber allmälig schwarze Flecke bekommen und nach 1—2 Jahren doch absterben, so dürfte hier ein Anhalt für die Erklärung der Rindenrisse liegen. Die Frostbeschädigung beruht im obigen Falle auf einer theilweisen Tödtung des Cambiums und der jüngsten Holzzellen und erscheint im Stammquerschnitt als schwarzer mehr oder minder geschlossener Ring. Solche todte Stellen heben die radiale Wasserleitung aus den Holzelementen nach dem Rindenkörper auf; derselbe vertrocknet, wenn eine starke Frühjahrssonne die Verdunstung übermäßig steigert und platzt in Folge dessen. Dieser Vorgang wird um so eher stattfinden, je zarter die Obstsorte an und für sich ist, je weniger der Holzkörper reif, je länger der Baum im Herbst in Vegetation geblieben, je üppiger seine Entfaltung gewesen und je weniger Schutz die Mittagseite gegen plötzliche Erwärmung und übermäßige Verdunstung hatte. Somit kann eine Strohbedeckung als Schutzmittel gelten und hiermit finden auch die folgenden Beobachtungen de Jonghe's ihre Erklärung. Hochstämme zeigten nämlich die Erscheinung wenig, dagegen aber die von unten an mit Zweigen besetzten Pyramiden; nachdem letztere jedoch ihrer unteren Aeste beraubt, der Stamm somit

1) „Bewirkt die Sonne Risse in Rinde und Holz der Bäume" ref. v. Caspary in der botanischen Zeitung 1857, Nr. 10.

für Luft und Licht das ganze Jahr hindurch zugänglicher war, blieben auch hier die Risse fort. Ferner zeigten Sämlinge, die im Allgemeinen robuster sind, die Risse nicht und sehr selten diejenigen Veredlungen, bei denen der Stamm aus Wildling gezogen war. Endlich erwiesen sich auch diejenigen Birnensorten meist verschont, welche durch Veredlung auf Quitte ein langsameres Wachsthum und zwergigeren Wuchs erhalten hatten.

III. Die Schütte.

In einem Wärmeüberschuß des Luftmeeres bei gleichzeitigem Mangel an Bodenwärme ist nach E. Ebermayer[1]) die Ursache der Schüttkrankheit junger Kieferpflanzen zu suchen.

Seit ungefähr 30 Jahren zeigt sich sehr häufig in größeren Kieferkulturen die Erscheinung, daß im Frühjahr bei jungen Kieferpflanzen plötzlich die Nadeln braungelb oder braunroth werden und nach kurzer Zeit abfallen, ähnlich wie dies im Sommer bei anhaltender Trockenheit eintritt. Die größere Verbreitung der Schütte datirt erst von einer allgemeiner gewordenen Aenderung der früheren Kulturmethode der Samenschläge und des Fehmelbetriebes, an deren Stelle jetzt die Erziehung der Pflanzen in Saatbeeten oder auf abgetriebenen kahlen Stellen getreten ist. Vorzugsweise leidet die gemeine Kiefer (Pinus silvestris) in ihren 2—5jährigen Samenpflanzen und zwar tritt hier die Krankheit in den Monaten März bis Mai oft so plötzlich auf, daß binnen 2—3 Tagen große Flächen wie verbrannt erscheinen. Dabei aber läßt sich beobachten, daß junge Pflanzen unter dem Schutze eines nicht sehr geschlossenen Nadelwaldes oder gemischten Bestandes oder auf von Samenbäumen beschirmten Schlägen nicht schütten, während kahle Flächen im Freien oder in geschützten (geschlossenen) Lagen von der Krankheit außerordentlich heftig heimgesucht werden. Dichtstehende Pflanzen leiden mehr als lichtstehende, Saaten wieder stärker als Pflanzungen, und gestutztwurzelige mehr als Exemplare mit langen kräftigen Wurzeln. Obgleich die Schütte in den verschiedenartigsten Bodenverhältnissen auftritt, so ist doch nicht zu verkennen, daß sie am intensivsten auf nassem und auf einem mageren Sandboden erscheint. Gebirgslagen sind weniger heimgesucht als die Ebene und die Nordseiten scheinen vollständig verschont zu bleiben, während Süd- und Westseiten stark leiden.

Die Krankheit zeigt sich nicht in jedem Jahre, sondern meist nur nach schneearmen, naßkalten Wintern mit abwechselnden harten Fröstenr; am stärksten schütten die Pflanzen in trockenen Frühjahren, wo der März und April durch helle, warme Tage und darauf folgende kalte Nächte ausgezeichnet sind; die kranken Exemplare erholen sich überhaupt nur dann noch, wenn der Boden ziemlich gut und Frühjahr

---

1) Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden &c. Resultate der forstlichen Versuchsstationen in Bayern. Aschaffenburg 1873. Bd. I. S. 251.

und Sommer nicht allzu trocken sind; andernfalls sterben die meisten Pflanzen oder kränkeln doch viele Jahre hindurch. Wichtig für die Erklärung der Krankheit ist auch noch die Beobachtung, daß die Kiefern oft strich- oder fleckweise erkranken und daß solche Pflanzen, welche durch einen benachbarten Holzbestand oder dergl. gegen die Mittagssonne geschützt waren, entweder gar nicht oder nur in ganz geringem Grade von der Krankheit befallen wurden. Saatbeete, welche bis über die Zeit der Frühjahrsfröste hinaus mit Reisig bedeckt waren, schütteten nie, während nebenan liegende schutzlose Saaten von der Krankheit befallen wurden; dieselbe breitete sich erst dann über die geschützten Beete aus, wenn man dort während des heißen Frühjahrssonnenscheins die Reiserdecken entfernte. Samenpflanzen, welche zwischen älteren Ballenpflanzen oder zwischen Besenpfriemen aufwuchsen, selbst solche, die unter hohem Grase geschützt standen, schütteten nicht, während sie da, wo z. B. die Besenpfriemen im Herbste herausgehauen waren, von der Schütte befallen wurden.

Alle diese Thatsachen erklären sich ungezwungen durch die mehrjährigen Beobachtungsreihen der forstlichen Versuchsstationen in dem bereits erwähnten Ebermayer'schen Werke, aus welchen hervorgeht, daß in den Monaten März und April die Temperatur im Boden oft (je nach der Höhe, Bodenbeschaffenheit und Witterung) bis zu 4 Fuß Tiefe kaum 4° R. beträgt, in der Regel aber noch geringer ist, während die Temperatur der Luft im Schatten nicht selten um 15—18° R. höher ist. Die unmittelbare Folge solcher Temperaturdifferenzen zwischen Luft und Boden ist die, daß die oberirdischen Pflanzentheile stark verdunsten, während die Wurzeln durch die Bodenkälte noch in Unthätigkeit zurückgehalten, nicht im Stande sind, das Bodenwasser aufzunehmen oder wenigstens im gehörigen Maaße aufzunehmen, um den oberirdischen Wasserverlust zu ersetzen. Somit vertrocknen die jungen Kiefern selbst bei reichlicher Bodenfeuchtigkeit.

Je größer nun der Unterschied zwischen Boden- und Lufttemperatur im direkten Sonnenlichte, desto häufiger und verheerender die Schütte. Je mehr dagegen Umstände eintreten, welche die Bodentemperatur erhöhen, wie warme Frühjahrsregen oder die stärkere Abkühlung vorher verhindern, wie lange liegenbleibende Schneedecke oder Streudeckung, desto weniger wird die Krankheit auftreten. Dasselbe wird stattfinden, wenn die Lufttemperatur und die Intensität des Sonnenlichtes vermindert wird, wie z. B. durch häufig bedeckten Himmel, Lage an Nordabhängen, unter dem Schutze von Oberholz, hohen Gräsern oder Sträuchern oder bei künstlicher Beschirmung der Saatbeete während des Tages.

Daß ältere Pflanzen von der Schütte nicht leiden, erklärt sich einmal aus dem entwickelten Holzkörper, der für alle Pflanzen als Wasserreservoir anzusehen ist, zweitens aus dem reichlicher entwickelten tiefer gehenden Wurzelkörper, welcher in der größeren Anzahl Faserwurzeln mehr Aufnahmeorgane besitzt.

Die Mittel gegen die Schütte ergeben sich daher von selbst:

A. Erhöhung der Bodentemperatur 1) durch Verhütung einer zu starken Erkältung während des Winters mit Hülfe von Laub-, Reisig- oder Moosdecke; 2) bei nassem Boden durch Entwässerung; 3) bei festen Bodenarten durch Lockerung und Beimischung humusreicher Erde, wodurch die Luftwärme leichter eindringen kann.

B. Verminderung der Transpiration durch Beschattung: 1) durch Besteckung der Saatbeete mit Nadelholzzweigen, die auch an warmen Tagen nicht zu entfernen sind, 2) durch Anlage der Saatbeete an Stellen, welche auf der Mittagsseite Schutz durch Holzbestand haben.

„Bei den Kiefern-Verjüngungen im Großen wird das radikalste Mittel darin bestehen, von der ausgedehnten Kahlhiebwirthschaft wieder mehr zur Schlagwirthschaft zurückzukehren, damit die jungen Pflanzen durch Oberholz (mäßige Ueberschirmung) den nöthigen Schutz gegen das direkte Sonnenlicht erhalten, aber doch so viel Licht empfangen können, als zu ihrer kräftigen Entwicklung nöthig ist. Derselbe Zweck wird erreicht durch die von NO. nach SW. vorrückenden schmalen Absäumungen, welche gegenwärtig bei den Verjüngungen der Kiefernbestände vielfach in Anwendung kommen. — Bei der Kultivirung ausgedehnter Blößen kann die nöthige Beschattung auch erzielt werden durch den Vorbau solcher Pflanzen, für deren Gedeihen der betreffende Standort günstig ist, z. B. von Birken 2c. oder durch vorausgehende Fichtenpflanzung."

„In solchen Fällen, wo ein Vorbau aus lokalen Gründen nicht angeht, ist die Pflanzung der Saat vorzuziehen (einjährige Pflanzen mit gutem Wurzelsystem scheinen sich dazu am besten zu eignen), immerhin werden aber die beiden ersteren Kulturmethoden weit sicherer zum Ziele führen."

Schließlich wird noch zu betonen sein, daß alle Aufmerksamkeit auf Erreichung eines guten Wurzelkörpers zu richten ist; demnach sind zu dichte Saaten, schwerer ungelockerter Boden, bedeutende Verletzungen bei dem Verpflanzen u. dergl. zu vermeiden.

§. 3. Lichtmangel.

Die Krankheit, welche durch mangelhafte Beleuchtung oder gänzliches Fehlen derselben hervorgerufen wird, heißt das Verspillern (étiolement). Die einzelnen Stengelglieder der Mehrzahl der grünen Pflanzen werden ungemein lang und schwach. Die Blätter werden je nach der Pflanzenart, der sie angehören, entweder ebenso wie die Stengelinternodien sehr lang, schmal und schlaff oder aber bilden sich überhaupt nur sehr wenig aus und bleiben ihr ganzes Leben hindurch in einem ähnlichen Zustande, wie sie in der Knospe gewesen. Zur annähernden Erklärung dieses Zustandes ist es nöthig, auf die Arbeit des Lichtes im Allgemeinen den Blick zu lenken und dabei sich zu erinnern, daß zwei wesentlich verschiedene Prozesse im

Pflanzenkörper vor sich gehen: der Prozeß des Aufbauens d. h. der Neubildung und Ausbildung der Zellen nach einem angeerbten Gesetze und der Prozeß der Beschaffung der organischen Bausubstanz aus den mineralischen Bodenbestandtheilen, dem Wasser und der Kohlensäure der Luft. Beide Prozesse müssen ungehindert stetig neben einander vor sich gehen, wenn eine Pflanze dauernd sich normal entwickeln soll.

Es frägt sich nun, in wie weit beide Vorgänge vom Lichte abhängig sind? Wenn ein Samenkorn, eine Zwiebel oder Kartoffelknolle in feuchter Erde liegen, wo sie vom Lichte abgeschlossen sind, so treiben dieselben nach einer bestimmten Zeit mehr Stengel und Blätter als bisher angelegt gewesen. Es haben sich mithin Zellen gebildet und auch ausgebildet und daraus möchte man schließen, daß der Prozeß der Neubildung von Zellen vom Lichte unabhängig ist. Das Baumaterial, aus dem die neugebildeten Zellen entstanden sind, findet sich bei Samen im Sameneiweiß oder den Cotyledonen gespeichert, bei Knollen und Zwiebeln fast im ganzen Gewebe dieser Organe.

Solches reservirtes Baumaterial verschwindet in dem Grade, als neue Pflanzentheile sich entwickeln. Ist die Reservenahrung aufgezehrt und die Pflanze künstlich immer noch dem Lichte entzogen, so sieht man die erstgebildeten Blätter schlaff werden und von der Spitze her verwelken, während sich an der Stengelspitze noch kümmerlich einige neue Blätter bilden, bis endlich ein gänzlicher Stillstand eintritt. Wird eine solche Pflanze bei etwa 110 ° C. getrocknet, um das sämmtliche Wasser zu entfernen, so findet man nicht mehr Trockensubstanz als das unentwickelte Samenkorn oder die nicht ausgetriebene Knolle enthielten. Dies zeigt, daß bei dem ganzen Entwicklungsprozesse keine neue organische Substanz gebildet worden, sondern daß nur die schon vorhanden gewesenen Stoffe ihre Form gewechselt haben. Durch diesen Stoffwechsel ist ein Theil des Materials, das früher als Zellinhalt gespeichert, zu Zellstoff der Zellwandung geworden. Während es also der Pflanze möglich ist, den Stoffwechsel ohne Lichtmitwirkung zu unterhalten, ist es ihr dagegen nicht gegeben, neue organische Substanz zu bilden, zu assimiliren. Das Licht ist somit das Agens, welches durch seine Umsetzung in chemische Anziehung in der chlorophyllhaltigen Zelle von der aufgenommenen höchstoxydirten Kohlenstoffverbindung, von der Kohlensäure der Luft, einen Theil des Sauerstoffs abzuspalten und den sauerstoffärmeren Theil in organische Verbindungen überzuführen vermag. Der abgespaltene Sauerstoff entweicht in die Luft.

Wir haben in der Sauerstoffabgabe der grünen Pflanze das Zeichen, daß neue Pflanzensubstanz gebildet wird gegenüber der Sauerstoffaufnahme und Aushauchung von Kohlensäure bei den Stoffwechselvorgängen. Immer ist der die Erzeugung neuer organischer Substanz anzeigende Desoxydationsprozeß an die chlorophyllhaltige Zelle gebunden und da in den Chlorophyllkörnern in der Mehrzahl der Fälle sich bei Beleuchtung Stärke bildet, die bei Lichtabschluß wieder verschwindet, so nimmt man an, daß das Chlorophyllkorn das Organ sei, welches vorzugsweise

in der Bildung neuer Pflanzensubstanz seine Arbeit hat. Bevor dieselbe aber beginnen kann, muß das weiße Licht, oder wenigstens ein Theil desselben, sich erst das Werkzeug dazu, das Chlorophyllkorn selbst, ausbilden[1]), dessen erste Anfänge meist als rundliche oder längliche, dichte, kleine, gelbliche Protoplasmamassen der zähen, sich bewegenden hautartigen, der Zellwand dicht anliegenden inneren Auskleidung der wachsenden Zelle eingebettet erscheinen. Erst wenn das Licht die Zelle trifft, färben sich bei genügender Intensität die Körner, durch den nun entstehenden Chlorophyllfarbstoff grün[2]). Auch auf den Gestaltungsprozeß der Chlorophyllkörner übt das Licht einen Einfluß, indem diese Differenzirung des ursprünglich gleichmäßigen Protoplasma der jugendlichen Zelle in den schleimig-hautartigen Theil des Primordialschlauches und den soliden geballten der gelblichen Chlorophyllkörner durch das Licht sehr befördert wird[3]). Nur ein Theil der Strahlen, welche im weißen Licht sich vereinigt finden, bedingt das Ergrünen der Chlorophyllkörner. Zu diesem Resultate ist man dadurch gekommen, daß man das weiße Licht durch ein Prisma zerlegt und das Verhalten der Vegetation in den einzelnen Regenbogenfarben studirt hat. Oder man hat das Sonnenlicht durch Flüssigkeiten gehen lassen, welche einen Theil des Spektrums absorbiren und hat nur die durchgehenden Strahlen als Lichtquelle benutzt. Als solche absorbirende Mittel verwendet man jetzt meist eine Lösung von doppelt chromsaurem Kali, welches einen Theil des Grün, des Blau, Violett und die nicht mehr sichtbaren Strahlen des Ultraviolett verschluckt und von den Regenbogenfarben nur die minder brechbaren Strahlen des Roth, Orange, Gelb und etwas Grün durchläßt. Als zweite Lösung bedient man sich des Kupferoxydammoniaks, welches die Strahlen durchläßt, die die erstere Lösung verschluckt. Dadurch gelingt es, mit den beiden im weißen Licht vereinigten Hälften des Spektrums gesondert zu arbeiten, und diesen Arbeiten verdankt man das Resultat, daß es gerade die minder brechbaren Strahlen des Roth, Orange, Gelb und Grün sind, welche das Ergrünen der Chlorophyllkörner hervorrufen und welche den eigentlichen Assimilationsprozeß bedingen. Und zwar ist dieser Zersetzungsprozeß der Kohlensäure um so lebhafter, je heller und intensiver das Licht unserem Auge erscheint[4]), (Gelb leistet am meisten) wogegen die Strahlen, welche man die chemischen

---

1) Eine Ausnahme erscheint bei Farnkräutern und Nadelhölzern. In genügender Wärme wurde bei Letzteren in den Cotyledonen, bei Ersteren in den Laubblättern das Ergrünen des Chlorophyllkorns in tiefer Finsterniß beobachtet. (Sachs: Lehrbuch der Bot. III. Aufl. S. 652.)

2) Mulder stellte den Satz auf und Rauwenhoff hebt denselben am Schluß seiner Versuche (Bot. Zeit. 1853, S. 750) wieder hervor, daß die Pflanzen schon Sauerstoff entwickeln, indem sie ergrünen, nicht weil sie grün sind. Dadurch wird der Chlorophyllbildungsprozeß als Desoxydationsvorgang hingestellt.

3) Sachs: Ueber den Einfluß des Lichtes auf die Bildung des Amylum's in den Chlorophyllkörnern. Bot. Zeit. 1862. S. 366.

4) Pfeffer: Die Wirkung der Spektralfarben auf die Kohlensäurezersetzung in Pflanzen. Bot. Zeit. 1872. S. 425 und Annalen der Physik rc. v. Poggendorff 1873. Nr. 1. S. 97.

nennt, nämlich die stark brechbaren blauen, violetten und ultravioletten, die auf das Chlorsilber so energisch einwirken, auf den chemischen Prozeß der Assimilation in der Pflanze nur geringe Wirkung ausüben, also nur geringe Mengen von Stärke zu bilden im Stande sind[1]). Durch rothes Licht allein kann bei manchen Pflanzen, wie es scheint, durch übermäßige Steigerung des Assimilationsprozesses im Verhältniß zu den anderen Vorgängen in der Zelle, sogar der Tod hervorgebracht werden. Wenigstens sprechen dafür die Untersuchungen von Borskow[2]) an einer Alge (Spirogyra). Zuerst wird nämlich die Stärkebildung außerordentlich gesteigert; später bilden sich sehr reichlich neue Zellen, wobei aber der Chlorophyllkörper zerstört, die Bewegung des farblosen Protoplasma aufhört und dasselbe endlich ebenfalls zerstört wird. Die Zelle ist abgestorben.

Den blauen und violetten Strahlen fällt eine andere Arbeit in der Zelle zu, deren Bedeutung für das Gesammtleben jetzt noch nicht erkannt, deren Zustandekommen aber durch eine dem Auge wahrnehmbare Erscheinung angezeigt wird. Diese Arbeit besteht in einer Bewegung der inneren, wasserreichsten Schicht jener oben erwähnten Plasmaauskleidung der Zelle, in welcher die sich mitbewegenden Chlorophyllkörner eingebettet liegen[3]). Das Protoplasma und die Chlorophyllkörner sind bei normalen Vegetationsverhältnissen in der ausgebildeten Zelle derart gelagert, daß diejenigen Stellen der Zellwand, welche nicht unmittelbar an andere Zellen anstoßen, also entweder an die freien Oberflächenseiten oder an Zwischenzellräume grenzen, am reichlichsten davon bedeckt sind. Bei abnormen Lebensbedingungen, wie behinderter Athmung, geschwächtem Druck des Zellsaftes gegen die Zellwand, niederen Wärmegraden und längerer Entziehung von Licht, finden sich dagegen die Chlorophyllkörner an denjenigen Wänden der Zelle, welche direkt mit anderen in Verbindung stehen, also an den senkrecht zur Längsachse des Blattes stehenden Wandungen. Vorausgesetzt ist dabei ein nicht zu hohes Alter der Zelle und eine ziemliche Weite des Zellraumes, welche dem Inhalt mit Leichtigkeit solche Lagenveränderung gestattet. Diese beiden Lagerungsverhältnisse der Chlorophyllkörner treten nun regelmäßig bei den Pflanzen ein und zwar ist die letztere bei Nacht (Nachtstellung), die erstere am Tage zu beobachten (Tagstellung). Der Uebergang von der Nacht- in die Tagstellung erfolgt ziemlich rasch. Bei einem Moose (Mnium) beobachtete Famintzin[4]) die Veränderung innerhalb einer Stunde vollzogen. Das Hinüberkriechen der einzelnen Chlorophyllkörner an die parallel mit der Längs-

1) Kraus in Pringsheim's Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik. Bd. VII. Heft 4. Seite 527.

2) Mélanges biologiques d. Bull. de l'Acad. de Petersbourg, cit. in Botan. Zeitung 1868. S. 669.

3) Frank im Jahrb. für wissenschaftl. Bot. VIII. S. 246, cit. in Sachs: Handbuch der Bot. III. Aufl. S. 658.

4) Die Wirkung des Lichtes und der Dunkelheit auf die Vertheilung der Chlorophyllkörner rc. in Pringsheim's Jahrb. für wissenschaftl. Bot. Bd. VI. Heft I. S. 49.

achse des Blattes gerichteten Wandungen fing schon wenige Minuten nach Beginn der Beleuchtung an.

Neben dieser schon länger bekannten Erscheinung wurde aber neuerdings auch in der Tagstellung des Chlorophylls selbst noch ein Unterschied gefunden. Böhm[1]) beobachtete an sehr zahlreichen Arten von Fettpflanzen, welche in ein warmes Gewächshaus hineingebracht worden waren, dessen Fenster sich nach Süden öffneten, daß sämmtliche Chlorophyllkörner um die Mittagszeit stets an irgend einer Stelle der Zellwand anliegend zu einer Gruppe vereinigt waren. Im Freien vermißte er diese Lagerung. Gesteigerte Temperatur durch Zuführung von Ofenwärme war ohne Resultat. Für eine Anzahl anderer Pflanzen wies Frank denselben Vorgang nach und zog daraus den Schluß[2]), daß allgemein die von festen Zellwänden eingeschlossenen Chlorophyllkörner im Bereiche ihrer natürlichen Lagerstätte eine Ortsveränderung erleiden können und zwar erfolgt dieses Wandern nach demjenigen Punkte in der Zelle hin, welcher bei einseitiger Beleuchtung am stärksten beleuchtet ist[3]).

Dabei ist es nicht immer nöthig, daß direktes Sonnenlicht auf die Pflanze falle; auch diffuses Tageslicht vermag schon einen Einfluß auszuüben; rothes Licht allein aber wirkt fast wie Dunkelheit und namentlich bei älteren Zellen übt es gar keinen Einfluß aus.

Die Verschiedenheit des Verhaltens der einzelnen Zellen zum Lichte je nach ihrem Alter ist auch auf die ganze Pflanze zu übertragen; mehr aber, als Alter und Ausbildung ist die Individualität der Pflanze von bestimmendem Einfluß. Wir sehen dies schon daraus, daß Schattenpflanzen an einem Standort sehr gut gedeihen, während andere in denselben Verhältnissen verspillern.

Das Lichtbedürfniß ist eben bei verschiedenen Pflanzen verschieden; ein Licht von bestimmter Intensität wird für eine Pflanzenart ungenügend, für eine andere dagegen sehr günstig sein, für eine dritte Pflanzenart aber kann es geradezu viel zu stark sein und auf die letztere dann ähnlich wie zu schwaches Licht wirken. Für letzteren Fall sprechen Beobachtungen von Borodin und Sachs[4]), nach denen gewisse Blätter bei intensiver Sonnenbeleuchtung hellgrün werden und an den zufällig beschatteten Stellen dunkler grün erscheinen. Die Chlorophyllkörner nehmen bei dieser

---

1) Sitzungsber. d. Wiener Akad. der Wissensch. 1858. Bd. 22. S. 511 u. 1859. Bd. 37, cit. in Famintzin's oben erwähnter Arbeit.

2) Ueber lichtwärts sich bewegende Chlorophyllkörner. Bot. Zeit. 1871. S. 215.

3) Auch die Stärke kann durch das Plasma hervorgerufene Lagerungsveränderungen eingehen. Bei der Keimung von nicht sehr stärkereichen Kartoffeln beobachtete ich in einzelnen Rindenzellen ein Zusammentreten der früher an der Zellwandung vertheilten Stärkekörnchen nach der Mitte in der Weise, daß die durch beginnende Auflösung meist stark elliptisch bis spindelförmig gewordenen, zu einem Haufen im Innern zusammengezogenen Körner mit dem einen zugespitzten Ende nach einem gemeinschaftlichen Centralpunkte hin gerichtet waren, so daß dadurch ein vielstrahliger Stern entstand.

4) Sachs: Lehrbuch d. Bot. III. Aufl. S. 658.

starken Beleuchtung eine der Nachtstellung ähnliche Lagerung an den Seitenwänden der Zelle ein.

Endlich muß für den vorliegenden Zweck noch einer weiteren, experimentell festgestellten Arbeit des Lichtes und speziell wiederum des blauen Lichtes gedacht werden. Es zeigt sich nämlich, daß das Längenwachsthum der Zellmembranen durch das Licht verlangsamt wird, daß somit die beleuchtete Seite eines Pflanzentheils bei einer großen Anzahl von Gewächsen sich weniger schnell verlängert, als die beschattete Seite. Die unmittelbare Folge davon ist, daß die beleuchtete Seite z. B. von einem Stengel sich concav gegen das Licht krümmen muß. Dieser Vorgang ist als positiver Heliotropismus bezeichnet worden im Gegensatz zu wenigen Ausnahmen an den Spitzen einiger Luftwurzeln (von Orchideen und Aroideen) und einigen Keimwurzeln (von Cruciferen und Cichoraceen) sowie an den älteren Theilen mancher Ranken (Wein, wilder Wein) und den Stengelgliedern einzelner Pflanzen (spanische Kresse (Tropaeolum) und Epheu), welche ein entgegengesetztes Verhalten zum Licht, also negativen Heliotropismus zeigen. Die Stengelglieder der letztgenannten beiden Pflanzen sind in der Jugend positiv, im Alter negativ heliotropisch[1]). Die Ursache letzterer Erscheinung ist noch nicht bekannt; aber es läßt sich vermuthen, daß bei diesen, fast sämmtlich schattenliebenden Pflanzen oder Pflanzentheilen die gewöhnliche Sonnenbeleuchtung zu stark ist für den Verkürzungsprozeß der Zellwand. Das Optimum, d. h. die günstigste Beleuchtung für diesen Prozeß bei den angeführten Pflanzentheilen liegt unter der gewöhnlich zugeführten Lichtmenge, welche somit nicht im Stande ist, den Verkürzungsprozeß in solcher Intensität hervorzurufen, wie die dem Optimum viel näher liegende schwache Beleuchtung durch diffuses Licht auf der Schattenseite.

Mit der Erwähnung des Heliotropismus, durch den die Pflanze ihre Assimilationsheerde, die Blätter, derart zur Sonne stellen kann, daß die Strahlen möglichst senkrecht auf die Oberfläche fallen, kann die Betrachtung der mannigfachen Arbeiten des Lichtes geschlossen werden. Es ergiebt sich nun von selbst, welche Funktionen des Pflanzenkörpers unterbleiben, wenn das Licht fehlt, und es handelt sich nur noch darum, die Erscheinungen genauer kennen zu lernen, durch welche der Lichtmangel bei den verschiedenen Pflanzen zum Ausdruck gelangt.

Mit Kraus[2]) wiederholen wir die oben bereits kurz erwähnten Formveränderungen. Bei den meisten dicotylen Pflanzen bleiben die Blätter (deren Wachsthum, wie das der Stengelglieder, zwar auch durch das Licht verzögert wird) im Finstern ganz klein und schuppenförmig; dagegen werden die Stengelglieder übermäßig lang. Die Blüthen entwickeln sich, mit einigen Ausnahmen, im Dunkeln so vollkommen, wie im Licht und zwar in derselben Farbenintensität, sobald die

---

1) Sachs: Experimentalphysiologie. S. 41.

2) Ueber die Ursachen der Formveränderungen etiolirender Pflanzen. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. VII. Heft 1 u. 2. S. 209 ff.

für die Bildung ihrer Nahrung nothwendigen Blattorgane im Licht verweilen. Die Blätter der Monocotyledonen werden bei Lichtmangel sehr lang auf Kosten der Breite; sie sind darin den Stengelgliedern der Dicotyledonen ähnlich, welche übrigens nach der spezifischen Natur der Pflanze bald kaum merklich, bald außerordentlich auffällig sich bei Lichtmangel strecken. Nach Kraus erscheint hierbei die Gewebespannung maßgebend, welche bei verspillerten Pflanzen geringer ist, so daß Stengelglieder, die überhaupt nur eine geringe Spannung besitzen (Kürbis), im Finstern und im Licht fast gleich lang sind[1]).

---

1) Für die Erklärung aller dieser Erscheinungen liegt die Vermuthung am nächsten, daß, da das Licht die organischen Baustoffe erzeugt, die Pflanzen im Finstern überhaupt nur so lange werden wachsen können, als noch solche von einer früheren Vegetationsepoche assimilirte Pflanzensubstanz vorhanden ist. Dafür sprechen die Beobachtungen, daß die ersten Blätter der austreibenden Georginenknollen, wie Sachs hervorhebt, bei denen reichliche Reservenahrung in den knolligen Wurzeln vorhanden, oft die Größe der normalen Blätter erreichen. Obiger Umstand kann jedoch nur theilweis als Grund angesehen werden; denn Kraus fand in verspillerten Stengeln so reichlich Stärke und Zucker, wie in normalen. Blätter, welche bereits Stärke gebildet hatten, hörten nach 2—4 Tagen zu wachsen auf, trotzdem noch Stärke vorhanden war; ebenso blieben Cotyledonen, welche noch reichliche Reservenahrung in Form von Stärke oder Oel besaßen, nach längerem Aufenthalt im Finstern im Wachsthum zurück. Wenn man junge Stengelblätter zur Hälfte in schwarzes Papier einnäht, so vergrößert sich die beleuchtete Blattfläche um mehr als das Doppelte und bildet reichlich Stärke, ohne daß dieser neugebildete Baustoff der verdunkelten Hälfte nutzbar würde; diese bleibt vielmehr klein und bildet keine Stärke. Man sieht hieraus, daß in einem Organ noch reichlich Stärke vorhanden sein kann und daß trotzdem die Zellen im Dunkeln doch nur sehr wenig wachsen. Dies führt zu der Annahme, daß neben der Bildung von plastischem Baumaterial in Form von Stärke auch dem Licht noch eine andere Arbeit zugeschrieben werden muß.

Diese Arbeit suchen wir in der Bildung des Cellulosemoleküls, ohne auf die Möglichkeit einzugehen, wie ein solches Molekül entsteht. Es ist für den vorliegenden Fall gleichgültig, ob man sich dasselbe aus dem Protoplasma direkt gebildet oder aus der Stärke durch Einwirkung eines im Licht entstehenden andern Körpers hervorgegangen denkt, wie etwa durch Einwirkung eines dritten Körpers die Stärke in Zucker übergeführt werden kann.

Dieser Annahme einer Bildung des Cellulosemoleküls unter direkter oder indirekter Betheiligung des Lichtes scheint die Thatsache gegenüberzustehen, daß die Zellen im Innern dicker Stämme auch Cellulose zur Verdickung ihrer Wandungen verwenden. Wenn man aber berücksichtigt, daß die im Blatt ausschließlich erzeugte Stärke ebenfalls tief in den Stamm hineinwandert und zur Winterzeit in den Markstrahlen abgelagert wird, so wird man einen solchen Prozeß für das Cellulosemolekül oder für den zur Umwandlung der Stärke in Cellulose den Anstoß gebenden Stoff annehmen können. Es kommt eben nur das im beleuchteten Theil entstandene Molekül im Innern des Pflanzentheils zur Verwendung.

Daß nicht Mangel an stickstoffhaltiger Substanz, die wir im Protoplasma repräsentirt sehen, das Wachsthum verspillernder Pflanzen endlich sistirt, geht aus den Untersuchungen von Karsten[1]) hervor, der gefunden hat, daß verspillerte Pflanzen mehr stickstoffhaltige Bestandtheile, aber weniger Kohlenhydrate besitzen und der zu dem Schlusse gelangt, daß das Licht die Bildung der Kohlenhydratmoleküle aus dem Protoplasma bedingt. Daß das Licht zur Bildung der Kohlen-

1) Stöckhardt: Chemischer Ackersmann 1871. Nr. 2. S. 109.

Die verschiedenartige Ausbildung der Blätter von verspillerten Pflanzen wird erklärt durch den Umstand, daß das Blatt sich selbst großentheils ernähren muß und das Cellulosematerial, welches es zur Neubildung und Ausbildung der Blattzellen braucht, sich nur durch die Einwirkung des Lichtes an Ort und Stelle bilden kann. Wenn die Ernährung unterbleibt, so werden sich die gleich bei der Anlage gebildeten Blattzellen durch Wasseraufnahme strecken und das Blatt sich dadurch etwas vergrößern können; aber jedes weitere Wachsthum, das auf Zellenvermehrung beruht, wird unmöglich sein. Die neuen Zellen entstehen in denjenigen, welche die Blattrippen zunächst umgeben. Je mehr ein Blatt in seiner späteren Vergrößerung am Licht auf die Zellenvermehrung angewiesen, um so kleiner wird

---

hydratform, welche die Zellwände bildet, wenn wir nicht direkt Cellulose sagen wollen, sehr geringe Intensität zu haben braucht, geht aus den Versuchen von Batalin[1]) hervor. Derselbe wies im Verhältniß zu den ganz im Dunkeln gezogenen Exemplaren ein bedeutendes Blattwachsthum bei solchen Keimpflanzen nach, welche zwischen ihrer Verdunklungszeit nur 1—3 Stunden dem schwachen diffusen Tageslichte ausgesetzt gewesen waren. Das Licht war so gering, daß die Pflanzen nicht ergrünten, mithin auch die erst bei intensiverer Beleuchtung[2]) auftretende Stärkebildung unterblieb.

Wenn Stärke und Cellulose zu ihrer Bildung des Lichts bedürfen, so wird aus Mangel an Material auch die Bildung neuer Zellwände, somit die Ausbildung neuer Zellen bei Lichtmangel unterbleiben oder nur so lange währen, als noch Cellulosemoleküle oder Stoffe, die zu deren Bildung nothwendig, vorräthig sind. Daraus erklärt sich die Erscheinung, daß nach vorangegangener Beleuchtung auch noch zahlreiche neue Zellwände gebildet werden können, daß sich Zellen vermehren können. Bei allen bis jetzt beobachteten Fällen wird aber die Neubildung von Zellen bei längerem Aufenthalt der Pflanze im Dunkeln allmälig sistirt. Daß wirklich in einem verspillerten Blatte weniger Zellen als in einem unter Licht erwachsenen vorhanden sind, geht aus der von Kraus und Batalin übereinstimmend gefundenen Thatsache hervor, daß in normalen und verspillerten Pflanzen die Zellen durchschnittlich gleich groß sind; somit erfordert die bedeutendere Größe des normalen Blattes mehr Zellen.

Zur weiteren Erklärung ist oben gesagt worden, daß das Blatt sich großentheils selbst ernährt. Diese Ansicht stützt sich auf die Beobachtung von Kraus, daß das erste Auftreten von Stärke im jungen Blatt in den Theilen sich zeigt, welche von den Zuleitungsgeweben der jungen Gefäßbündel entfernt liegen, also in den oberen ersten Blattzähnen und erst später füllen sich die Zellen mit Stärke, welche dem Gefäßbündel näher liegen. Das plastische Material wird nicht zugeführt, sondern aus dem zugeführten Rohmaterial in den Zellen gebildet und zwar in den ältesten Zellen zuerst. Der Ueberschuß erst wird weiter rückwärts geleitet und kommt dem später gebildeten Blattgewebe zu Nutzen. Diese erstgebildeten Blatttheile sind manchmal besonders reich ausgestattet, um schnelle Arbeit leisten zu können und die Entwicklung des übrigen Blattes zu begünstigen und vergehen, wenn die eigentliche Blattfläche fertig ist und ihre Arbeit erst recht beginnt. So zeigen z. B. die Blattspitzen schnell und reichlich Haare und Zotten; hier finden sich bisweilen sehr große, fast immer sehr viele Spaltöffnungen und bisweilen hat die sonst spaltöffnungslose Oberseite an der Spitze doch Spaltöffnungen. Bei vielen Pflanzen vertrocknen die Blattspitzen und Blattzotten bald nach oder schon während der Ausbildung des Blattes.

1) Ueber die Wirkung des Lichtes auf die Entwicklung des Blattes. Bot. Zeit. 1871. S. 673.

2) Sachs: Ueber den Einfluß des Lichtes auf die Bildung des Amylums in den Chlorophyllkörnern. Bot. Zeit. 1862. S. 370.

es bei Lichtabschluß bleiben. Es wird sich ferner um so weniger entwickeln, je weniger Zellen ursprünglich als Blattanlage an der Stengelspitze sich bilden; ein stengelumfassendes Blatt wird sich darum mehr entwickeln können als ein quirlständiges, weil bei der Anlage des ersteren der ganze Stengelumfang thätig, bei Anlage des zweiten sich die Zellen in gleicher Stammhöhe auf so viel Blätter vertheilen müssen, als der Quirl solche zählt. Ein dritter Punkt, der auf die Ausbildung des Blattes auch im Finstern von Einfluß sein muß, ist die Entfernung der Blattanlage von der Reservestoffquelle. Die erst entstehenden, der Quelle zunächst liegenden schöpfen reichlicher aus dem Vorrath des Reservestoffbehälters, werden daher größer, als die später, am verspillerten Stengel höher hinauf entstehenden Blätter. Es wird somit die Entwicklung des verspillerten Blattes abhängig sein von der individuellen Anlage und von dem in unmittelbarer Nähe befindlichen Nährstoffmaterial.

Die Anlage der Monocotyledonenblätter erfolgt in der Mehrzahl der Fälle als stengelumfassende Wulst unter dem Vegetationskegel und zwar dort, wo Reservestoffbehälter vorhanden sind, in unmittelbarer Nähe dieser Behälter, aus denen das gelöste Baumaterial nur kurze Wege durch die verkürzte Achse zu machen hat.

Bei den Gräsern erfolgt die Ernährung der meisten Blattanlagen ebenso leicht, da dieselben zum Theil im Embryo schon reichlich angelegt, zum Theil bei ihrer späteren Anlage unmittelbar an der Reservestoffquelle (dem Sameneiweiß) bleiben und erst durch die sich später streckenden Internodien weiter entfernt werden. Ihre Anlage ist deshalb eine aus sehr vielen Zellen gebildete und wenn sich diese einmal gebildeten Zellen durch bloße Wasseraufnahme strecken, so wird das Blatt auch im Dunkeln eine bedeutende Länge erreichen können; es wird aber schmäler bleiben, als das normale, weil die durch eigne Blattthätigkeit erst mögliche Neubildung der Zellen zu beiden Seiten der Rippen, durch welche sich das Blatt verbreitert, unterbleibt. Bei netzadrigen Dicotyledonenblättern, bei denen die Neubildung von Zellen in der Nähe der nach der Längs- und Breitenausdehnung verlaufenden Nerven ebenfalls im Finstern unterbleibt, wird nach beiden Richtungen hin das Wachsthum auffällig sistirt und zwar in um so höherem Maaße, je geringeren Raum vom ganzen Stengelumfang die Basis des Blattes einnimmt und je höher das Blatt am etiolirten Stengel steht, also je geringer die Zuleitung von dem entfernten Nahrungsheerde ist. Daraus erklärt sich, daß die Blätter der Dicotyledonen nach allen Dimensionen hin gleichmäßig kleiner werden [1]).

---

1) Der von Prantl angeführte Beweis, daß etiolirte Pflanzen ebensoviel Zellen im Blatte haben, als normale beleuchtete, erscheint mir darum nicht zutreffend, weil die Berechnung an Primordialblättern vorgenommen worden ist. Diese dem Reservestoffbehälter am nächsten stehenden Organe können mit Leichtigkeit die schon vorhandenen plastischen Zellwandstoffe verwenden und sich in der Finsterniß derartig vergrößern, daß sie, wie die Zahlen des Autors selbst zeigen, bisweilen breiter als an der beleuchteten Keimpflanze werden. Solche Blätter sind noch gar nicht etiolirt.

Nach den Erörterungen über die Verspillerungserscheinungen des Blattes, bleibt die ungewöhnliche Streckung der etiolirten Stengelglieder zu erklären. Wir folgen hierin den Angaben von Kraus. In der Regel sind die verspillerten Stengel dünner als normale, was von einer geringeren Anzahl von Zellen herrührt und diese mangelnde Thätigkeit im Cambium des Stengels wird ihre Erklärung in der Annahme finden, daß die vom Blatt erarbeiteten Nahrungsstoffe, die durch den Blattstiel in den Stengel eintreten, in radialer Richtung zunächst theilweis weiterwandern und das Cambium des Stengelinternodiums ernähren helfen. Fehlt diese Nahrungsquelle, d. h. ist das im Finstern schuppenförmig bleibende Blatt nicht im Stande, Material für die Zellvermehrung zu schaffen, so bleibt das Stengelglied ohne wesentlich neue Zellbildung. Aber auch die Verdickung der Zellwandungen wird unterbleiben. Im normalen Stengel verdicken sich die Parenchymzellen der Rinde und die Prosenchymzellen des Holzes während ihrer Längsstreckung. Die Markzellen fangen aber erst an, sich zu verdicken, wenn ihre Streckung nahezu beendet ist, also am spätesten, da sie von dem aus dem Blatt in radialer Richtung nach dem Stamminneren wandernden Cellulosemolekül erst dann erreicht werden, wenn dasselbe nicht mehr zur Verdickung der Holz- und Rindenzellen verbraucht wird. Im verspillerten Stengel ist aus Nahrungsmangel die Verdickung der Zellen nur angedeutet, so daß sie oft bei Zellen, welche zwischen den einzelnen Gefäßbündeln liegen und sich im normalen Zustande zu Holzzellen ausbilden, fast fehlt; daher findet man in etiolirten Pflanzen häufig nicht einmal einen geschlossenen Holzring. Was solchen Zellen an Verdickung abgeht, ersetzen sie durch größere Länge, welche die der normalen Zelle um das Zwei- bis Vielfache übersteigt. Diese Ueberverlängerung findet ihre Erklärung in den modifizirten Spannungsverhältnissen der Stengelglieder.

Wenn man von einem noch fortwachsenden Stengelgliede den Rindenkörper ablöst, verkürzt sich derselbe; der isolirte Markkörper dagegen verlängert sich bedeutend. Man sieht daraus, daß im Stengel das Mark eigentlich der streckende Faktor ist, während das übrige Gewebe der zurückhaltende Theil ist. Nur wenn der Stengel noch ganz jung, kann das Mark sein Ausdehnungsstreben befriedigen, weil die umgebenden Gewebe noch dünnwandig und sehr leicht dehnbar sind, also der Zugkraft, welche das Mark ausübt, leichter passiv folgen können. Allmälig aber verlischt die Dehnbarkeit der äußeren Gewebe gänzlich und das längere Mark wird nun durch die elastischen, dickwandigen Rinden- und Holzelemente zurückgehalten. Im letzteren Entwicklungsstadium, kurz bevor das Stengelglied zu wachsen aufhört, gleicht sich der Unterschied in den Geweben wieder aus; denn nun wachsen die Markzellen mehr in die Breite als in die Länge in Folge des zurückziehenden Einflusses der Rindenschichten und in dieser Form werden die Markzellen stabil, da nun ihre Wandung die porösen Verdickungsschichten erhält.

(Vergl. Prantl: Ueber den Einfluß des Lichtes auf das Wachsthum der Blätter in „Arbeiten des Bot. Instituts zu Würzburg v. Sachs.“ Heft III. 1873. S. 384.)

Je länger also die Rindenelemente dehnbar bleiben, um so länger kann das Mark seinem Streben nach Verlängerung folgen und die übrigen Gewebe mit sich in die Höhe ziehen.

Wenn dies die richtige Erklärung für die Verspillerung der Stengel geben soll, muß noch nachgewiesen werden, daß das Mark im lebenden Zustande wirklich das Bestreben hat, in die Länge zu wachsen, selbst wenn nicht neue Cellulosemoleküle in die Wandung sich einschieben, sondern nur mehr Wasser von derselben aufgenommen wird. Diesen Beweis führt Kraus, welcher herausgeschnittene Markprismen von wachsenden Stengelgliedern in Wasser legte und durch direkte Messung fand, daß sich dieselben oft um 20—30 % verlängerten. Diese Verlängerung war mit Wasseraufnahme verbunden; die Zellen wurden sehr turgescent, ja fast spröde. Tödtet man das Mark durch Einbringen in kochendes Wasser, so werden die Zellen schlaff und nehmen stets an Länge und Gewicht ab. Auch bei normalen Stengelgliedern zeigt sich bei direkten Wägungen das Mark immer prozentisch wasserreicher, als das übrige Gewebe, so daß man also daraus schließen kann, daß die Begierde des Markes, Wasser aufzunehmen, dahin führt, die Zellwände zu dehnen und zwar vorwiegend in der Richtung des geringsten Widerstandes, also hier in der Längsrichtung.

Der verspillerte Stengel gleicht einem recht jugendlichen normalen Organe und ebenso sind die Blätter auf einer jugendlichen Entwicklungsstufe stehen geblieben. Die Krankheit des Verspillerns läßt sich daher kurz als permanenter Kindheitszustand des Pflanzenkörpers bezeichnen.

Die für die Praxis bedeutsamste Erscheinung der Krankheit wird in dem Lagern des Getreides dargestellt. Daß dasselbe durch Lichtmangel hervorgerufen wird, hat unlängst L. Koch [1]) experimentell nachgewiesen, indem er künstlich die Erscheinungen des Lagerns dadurch zu Stande gebracht hat, daß er dieselben beschattete. Es werden dadurch die bereits früher von Gronemeyer [2]) gemachten Angaben bestätigt. Die Schwäche des Halmes, die das Umknicken bei dem Lagern bedingt, zeigt sich wesentlich in den untern Stengelgliedern und namentlich ist es das zweite Internodium (von der Halmbasis aus gerechnet), welches dem Einknicken am meisten unterworfen ist.

Das erste, unterste Stengelglied ist zwar ebenfalls schwach, aber in der Regel zu kurz; dagegen ist das zweite am meisten gestreckt und am wenigsten verdickt. Die Zellen dieses Internodiums zeigen im Verhältniß zu den entsprechenden des normalen Stengels eine bedeutende Ueberverlängerung und mangelhafte Verdickung. Letztere ist besonders bei denjenigen Zellen in die Augen springend, welche am Halm den Raum zwischen Oberhaut und Gefäßbündeln einnehmen und von Koch

---

1) Abnorme Aenderungen wachsender Pflanzenorgane durch Beschattung, von Ludwig Koch in Darmstadt.

2) Gronemeyer in Agronom. Zeit. 1867. Nr. 34.

als Gefäßbündelscheide angesprochen werden. Diese Zellen bedingen aber im Wesentlichen durch ihre Verdickung die Festigkeit des Halmes.

Das Lagergetreide entsteht also, wenn bei dichtem Stand der Saaten eine genügende Beleuchtung der untern Internodien unterbleibt. Die zu starke Beschattung wirkt auch in ganz frühen Entwicklungsstadien der Pflanze schon nachtheilig durch Ueberverlängerung der Zellen und geringe Verdickung der Wandungen, was vorzugsweise im zweiten Internodium von unten stattfindet. Diese Uebelstände werden an derjenigen Stelle des Internodiums um so stärker auftreten, wo die Blattscheide den Halm am dichtesten umschließt; dies findet in der Nähe der Basis des Stengelgliedes statt und hier zeigen sich denn auch die Verspillerungserscheinungen am klarsten und intensivsten.

Der früher als Grund des Lagergetreides angegebene Mangel an Kieselsäure ist als irrig jetzt zu betrachten, da sich bei den Wasserkulturen der Getreidepflanzen herausstellte, daß die Kieselsäure in minimalen Mengen genügt, eine normale Pflanze zu erzeugen und da die Analysen von gelagertem Getreide gegenüber einem nicht gelagerten wenig Unterschied im Kieselsäuregehalt gezeigt haben. Auch in den normalen Pflanzen sind, wie Pierre am Weizen, Arendt an der Haferpflanze nachgewiesen haben, die untersten Internodien des Halmes am ärmsten an Kieselsäure, von welcher überhaupt das größte Quantum in den Blättern sich vorfindet. Dieselben können 7—18 mal reicher an Kieselsäure sein, wie die untern Stengelglieder.

Anderer Art ist der zweite als Grund des Lagerns angeführte Punkt, der die Krankheit auf zu reiche Stickstoffzufuhr im Boden zurückführt. Allerdings kann dies eine Veranlassung abgeben, insofern dadurch eine üppige Entwicklung des Blattapparates hervorgerufen und die Beschattung insofern vermehrt wird; eine ebensolche Veranlassung wird aber überhaupt jeder Umstand geben, der zu dichten Stand der Saaten bedingt, also z. B. zu starke Aussaat, reiche Wasserzufuhr u. s. w. Dies sind eben nur entferntere Veranlassungen, die unter andern Umständen ganz normales Wachsthum hervorrufen und reiche Ernten gewähren, was aber bei zu starker Beschattung niemals der Fall ist.

Das einzige, wirklich erfolgreiche Vorbeugungsmittel liegt in dünnerer Saat, deren Quantum nach der Bodenbeschaffenheit aber modifizirt werden muß. Auf sandigem Boden wird dichter gesäet werden müssen, als auf lehmigem und bei magerer Düngung dichter als bei reicher Stickstoffzufuhr. Vor allem nützlich wird sich das Drillen erweisen, weil dadurch ein möglichstes Freistehen der Pflanzen erzielt wird.

Wenn aber die Aussaat bereits geschehen ist und ein dichter Pflanzenbestand, üppige Entwicklung und feuchte Witterung ein späteres Lagern befürchten lassen, dann muß man sehen, durch scharfes Eggen, Walzen oder vorsichtiges Abweiden und Schröpfen einen Theil des Blattapparates zu entfernen, um dem Lichte möglichst genügenden Zutritt zu verschaffen. Diese Mittel sind in der Regel nur bei

jungen Pflanzen im ersten Frühjahr angewendet worden. Neuerdings aber wird das Walzen auch dann noch empfohlen, wenn das Getreide nicht mehr weit von dem Zeitpunkte entfernt ist, wo es in die Aehren schießt. Die landwirthschaftliche Zeitung für Westfalen[1]) sagt darüber: Man walze das Getreide mit einer leichten, glatten Walze, wobei das Feld ein allerdings trauriges Aussehen annimmt. Ein Versuch ergab aber, daß ungewalztes Getreide nicht allein lagerte, sondern auch 6 preußische Scheffel pro Morgen weniger als gewalztes Getreide (Weizen) desselben Feldstückes gab. Der Stillstand im Längenwachsthum, der durch das Knicken der Halme hervorgerufen, wirkt wahrscheinlich dadurch günstig, daß die schon gebildeten Zellen unterdeß ihre Wandungen stärker verdicken.

Bei an und für sich zum Lagern geneigten schwachstengeligen Pflanzen tritt bisweilen neben dem Lagern ein Faulen der dem Licht gänzlich entzogenen Parthien auf, was besonders verlustbringend bei dem Lagern der Futterwicken ist. Als Vorbeugungsmittel wird in den Mittheilungen d. Ver. f. Land- u. Forstw. im Herz. Braunschweig[2]) angerathen, etwas Pferdezahnmais mit auszusäen, an dessen Stengeln sich die Wicken hinaufwinden können und dessen Blätter ein gutes Futter darbieten.

Eine ähnliche Erscheinung, wie das Lagern, ist das „Umfallen“ der jungen Samenpflanzen in Frühbeeten. Der wesentliche Unterschied besteht nur darin, daß neben dem Lichtmangel gleichzeitig noch andere schädliche Einwirkungen vorhanden sind und ein Fäulnißprozeß die Pflanzen für immer alsbald vernichtet. Der Gärtner nennt diesen Zustand, der in einem Abfaulen der Stengelbasis besteht, „schwarze Füße bekommen“.

Neben dem Lichtmangel tritt hier auch Sauerstoffmangel auf. Der Dünger, welcher die Frühbeete erwärmt, braucht viel Sauerstoff zur weiteren Zersetzung und entzieht denselben seiner Umgebung; die Nässe im Boden verhindert das genügend schnelle Eintreten desselben an die Pflanzenwurzel und verhindert deren normale Arbeit. Die durch den dichten Stand bei der Beschattung ohnehin etiolirten unteren Stengelparthien erliegen der Fäulniß zuerst. Das Umfallen der Pflanzen läßt sich am besten verhindern, wenn ihr Stand durch Ausziehen eines Theiles der Samenpflanzen gelichtet wird und das Wachsthum durch Lüftung des Kastens und Eindringen der kalten Luft zurückgehalten wird. Die langanhaltende Beschattung durch Strohdecken, welche bei der außerhalb herrschenden Kälte zur Zeit der ersten Mistbeete freilich nicht zu vermeiden ist, muß aber auf das geringste Maaß beschränkt werden und das Begießen darf auch nur dann reichlicher stattfinden, wenn man einen hellen Tag vor sich hat, der in der Mittagstunde ein stärkeres Lüften erlaubt.

---

1) Citirt in Oekonom. Fortschr. v. Zöller 1869. S. 339.

2) Fühling's Neue landw. Zeit. 1870. S. 477.

§. 4. Wirkung schädlicher Gase.

Während wir versuchen, mit großen Kosten ungünstige Bodenverhältnisse zu verbessern und bestrebt sind, durch mancherlei künstliche Vorrichtungen den schädlichen Witterungseinflüssen entgegen zu arbeiten, ziehen wir häufig in größter Nähe einen Feind groß, welcher in Form einer gewinnversprechenden industriellen Anlage zunächst sich der wärmsten Sympathieen zu erfreuen hat. Grade jetzt, wo der Landwirth bereits gezwungen ist, durch Errichtung von Brennereien und Ziegeleien sein Bodenkapital zur höchsten Verwerthung zu bringen und wo die Fabrikanlagen größerer Städte immer umfangreicher werden und den Gartenbau in der Nähe der Städte immer mehr bedrohen, ist es Zeit, auf den schädlichen Einfluß hinzuweisen, den solche Anlagen auf größere Entfernung hin auf die Pflanzenwelt auszuüben vermögen. Für den Forstwirth erhält dieser Punkt eine wesentliche Bedeutung namentlich in jenen Gegenden, wo Hüttenwerke in der Nähe von Waldungen sich befinden. Der von Jahr zu Jahr wachsende Feind ist der Rauch. Freilich ist nicht jeder Rauch der Vegetation schädlich und die Pflanzen können in einer Atmosphäre sehr gut gedeihen, welche häufig mit Rauch derartig überladen ist, daß die Kohlenstofftheilchen sich als schwarzer Ueberzug auf die Blätter lagern. Der Ruß ist auch nicht der schädliche Bestandtheil, sondern die gasförmigen Verbrennungsprodukte, welche der Rauch in vielen Fällen mit sich führt. Ihnen sind die Zerstörungen zuzuschreiben, welche sich in der Nähe größerer Feuerungsanlagen an den Pflanzen in Form vergilbter und vertrockneter, eingerollter Blätter zeigen und bis zum gänzlichen Laubabwerfen sich ausdehnen können.

Lange Zeit ist man im Unklaren gewesen, welches der schädliche Bestandtheil des Rauches sei, bis durch die Untersuchungen von Morren[1]), Stöckhardt[2]) und namentlich von Schröder[3]) der Feind in der s c h w e f e l i g e n S ä u r e erkannt worden ist. Die metallischen Gifte, wie Arsen, Zink und Blei, die man früher vorzugsweise bei der Beschädigung durch den Rauch der Hüttenwerke im Auge gehabt hat, sind experimentell als unschädlich nachgewiesen worden, während die schwefelige Säure schon in sehr geringer Beimengung zur Luft den Tod der Versuchspflanzen herbeiführte. Wie gering eine solche Beimischung zur Luft zu sein braucht, geht aus den Beobachtungen von Morren[4]) hervor, der die charakteri-

---

1) Récherches expérimentales pour déterminer l'influence de certains gaz industriels, spécialement du gaz acide sulfureux, sur la végétation. Extracted from the Report of the International Horticultural Exhibition etc. London 1866.

2) Untersuchungen über die schädliche Einwirkung des Hütten- und Steinkohlenrauches auf das Wachsthum der Pflanzen ꝛc. Tharandter forstl. Jahrb. Bd. 21. Heft 3.

3) Die Einwirkung der schwefeligen Säure auf die Pflanzen, in Landw. Versuchsstationen 1872.

4) A. a. O. S. 224.

stischen Spuren der Zerstörung an den Blättern schon wahrnehmen konnte, wenn die Luft nur $^1/_{50000}$ ihres Volumens an schwefeliger Säure enthielt. Und so geringe Beimengungen enthält sicherlich mancher Rauch, der durch die Verbrennung schwefelhaltiger Steinkohle gebildet wird. Da aber Schwefel in der Form von Schwefeleisen ein häufiger Bestandtheil der Steinkohle ist, so ist anzunehmen, daß wir, wie Morren sagt, mit jedem Schornstein die Anlage für einen Vergiftungsheerd der Pflanzen machen.

Nun darf man allerdings auch nicht zu weit in den Befürchtungen gehen. Die Experimente, welche zum Nachweis der Schädlichkeit so geringer Gasmengen angestellt worden sind, bestanden in der meist mehrstündigen Einwirkung des Gases in einem, durch eine Glasglocke abgeschlossenen Raume.

Diesem Zustande entspricht im gewöhnlichen Leben nur etwa die Luftbeschaffenheit in unmittelbarer Nähe eines industriellen Etablissements, wie eines Ziegelofens, einer Hütte, eines Koaksofens u. dgl., deren Rauch in großen Massen Tag und Nacht sich über die Vegetation lagert. In der Mehrzahl der Fälle wirken die Luftbewegung, der Wind und die Eigenthümlichkeit der schwefeligen Säure, in Berührung mit Wasser zu Schwefelsäure zu oxydiren, als Schutzmittel gegen die extremsten Wirkungen des Giftes, gegen das baldige Absterben. Jedenfalls aber wird man gut thun, in denjenigen Gegenden, wo mit Steinkohlen oder Torf[1]) gefeuert wird, bei der Anlage solcher, vielen Rauch produzirender Etablissements diejenigen Orte zu wählen, die möglichst entfernt von großen Kulturen, namentlich von Baumanlagen, sind. Wer die Literatur der letzten Jahre verfolgt hat, wird finden, daß sich die Klagen über den schädlichen Einfluß des Rauches mehren und gerade diese zahlreicheren, häufig zu Prozessen führenden Klagen dürften die Ursache sein, daß sich die Wissenschaft in der letzten Zeit spezieller mit diesem Punkte beschäftigt hat.

Die Resultate dieser Untersuchungen zeigen zunächst, daß die gasförmigen Produkte, welche bei der Verbrennung einer schwefelfreien Steinkohle erzeugt werden, für die Vegetation unschädlich sind[2]).

Enthält dagegen die Kohle einen Theil Schwefel und entweicht die schwefelige Säure in die Luft, so wird dieses Gas von den Blattorganen der Nadel- und Laubhölzer aufgenommen und zwar wird es (nach Schröder) in diesen Organen größtentheils festgehalten und nur zu einem geringen Theile in den Holzkörper der Pflanze geleitet. Daß die schwefelige Säure als solche bis zu den Wurzeln ge-

1) Nach Stöckhardt ist auch Braunkohlen- und Torfrauch schädlich, wenn dieses Feuerungsmaterial Schwefelkies enthält. Der Rauch der Kalköfen zeigt sich am mindesten nachtheilig, weil der Kalk die gebildete schwefelige Säure zurückhält, ebenso, wie bei Ziegelöfen der häufig vorhandene Magnesiagehalt des Thones durch Zurückhalten der schwefeligen Säure günstig wirkt. (Chemischer Ackersmann 1872. Heft II. S. 111 u. f.

2) Nachgewiesen an Pflaumen- und Birnbäumen.

langen sollte, indem sie durch den Regen dem Boden zugeführt würde, ist unwahrscheinlich, da sie auf diesem Wege längst zu Schwefelsäure sich oxydirt haben würde. Auch die von Freitag[1]) in dieser Beziehung direkt angestellten Versuche deuten darauf hin, daß wir die Blätter als die Hauptorgane zur Aufnahme des Giftes anzusehen haben. Nicht alle Blätter aber nehmen gleichviel von dem gebotenen Gifte auf und in dieser Beziehung unterscheiden sich die Nadelhölzer merklich von den Laubhölzern. Erstere nehmen unter sonst gleichen äußeren Verhältnissen mit der gleich großen Blattfläche weniger schwefelige Säure auf, als letztere; jedoch ist mit dem Nachweis einer größeren Menge aufgenommenen Gases noch nicht gesagt, daß dadurch auch eine Pflanze mehr leidet. Die Widerstandsfähigkeit hängt vielmehr von der speziellen Organisation der Pflanze ab. In dieser Beziehung lag die Vermuthung nahe, daß der anatomische Bau, nämlich die Zahl der Spaltöffnungen für die Empfänglichkeit einer Pflanze maßgebend sein möchte; diese Vermuthung, welche von Morren wiederholt ausgesprochen worden, hat sich aber als irrig erwiesen, da Schröder gefunden, daß die schwefelige Säure nicht durch die Spaltöffnungen, sondern gleichmäßig von der ganzen Oberfläche des Blattes aufgenommen wird. Er sah von der spaltöffnungslosen Oberseite eines Blattes eben so viel Gas aufnehmen, als von der an Athmungsorganen reichen Unterseite; nur war die Wirkung des von letzterer Seite eingedrungenen Gases viel schneller und energischer. Diese Erscheinung findet ihre Erklärung in dem Umstande, daß die schwefelige Säure begierig das Wasser aufsucht und sich in Berührung mit demselben leicht oxydirt; da nun durch die locker gebaute, an Spaltöffnungen reichere Unterseite die Wasserabgabe des Blattes an die Luft vorzugsweise erfolgt, so macht sich hier die Einwirkung des Giftes um so mehr geltend. Wird das Wasser in den Molekularinterstitien der Zellwände von der Säure in größerem Maaße gebunden, als ein Zuströmen erfolgen kann, dann werden die Zellwände wasserarm, werden endlich austrocknen und somit ihre Fähigkeit für die Wasserleitung verlieren.

Es werden dann nur noch diejenigen Zellenparthien, welche direkt an dem schnellleitenden Gewebe der Gefäßbündel liegen, noch wasserhaltig erscheinen und ihre normale Färbung behalten, während der trockne Theil zwischen den Gefäßbündeln (den Blattnerven) eine fahle, bräunliche Färbung annimmt. Diese Erscheinung einer hellgrün erscheinenden Nervatur in der fahlen Blattmasse bildet ein charakteristisches Merkmal für eine Vergiftung des Blattes durch schwefelige Säure. Unmittelbar im Zusammenhang mit diesem, für das Auge erkennbaren Merkmal steht die durch Wägung von Schröder gefundene Thatsache einer verminderten Wasserverdunstung der vergifteten Blätter. Die Transpirationsgröße läßt sich aber als Ausdruck der Produktion gebrauchen und somit läßt sich schließen,

---

1) Mittheilung der landw. Akad. Poppelsdorf. Bd. II. 1869. S. 34, cit. bei Schröder a. a. O. S. 321.

daß das Blatt weniger assimilirt. Die allgemeine Wirkung der Vergiftung auf den Pflanzenkörper wird also ähnlich der einer frühzeitigen Entlaubung sein und zwar wird die Wirkung um so schneller eintreten, je größere Mengen von schwefeliger Säure vorhanden, je trockner die Luft ist, je höher die Temperatur und je stärker die Beleuchtung ist, wodurch das Blatt zu intensiverer Thätigkeit angeregt wird. Durch diese experimentell festgestellte Thatsache wird die Vermuthung nahe gelegt, daß der Hütten- und Steinkohlenrauch in der Nacht weniger schädlich, als am Tage wirkt, und man erhält somit wenigstens einige Winke, welche bei der Anlage gewerblicher Etablissements leitend werden können.

Es bleibt nun nur noch übrig, auf einen Punkt aufmerksam zu machen. Derselbe betrifft die Wahl der Bäume, die sich am besten noch in der Nähe von Fabriken anpflanzen lassen. Nach dem Obigen möchte es gerathen erscheinen, den Nadelhölzern den Vorzug zu geben, da dieselben in derselben Zeit weniger schwefelige Säure aufnehmen, als die Laubhölzer; allein diese Maßnahme würde aller Erfahrung widersprechen, da es feststeht, daß Nadelhölzer mehr als Laubhölzer bei dauernder Vergiftung leiden. Für diese Erscheinung fehlt vorläufig die Erklärung, wenn solche nicht etwa in der längeren Lebensdauer der Nadel gefunden wird, deren Zerstörung um so fühlbarer wird, je länger sie im normalen Lebenslauf dem Baume als Assimilationsorgan zu dienen bestimmt war.

Die krautartigen Pflanzen stehen hinsichtlich ihrer Empfänglichkeit zwischen Laub- und Nadelhölzern. Nach Stöckhardt[1]) stellen sich die ersten Zeichen der Vergiftung bei Klee, Kartoffeln, Hafer und Wiesengräsern dann ein, wenn dieselben zweimal der zweistündigen Einwirkung einer Luft ausgesetzt waren, welche schwefelige Säure in $^{1}/_{40000}$ Volumtheil beigemischt enthielt. Die Pflanzen fingen an, zu welken und die Blattspitzen bräunten sich. Luft mit $^{1}/_{60000}$ schwefeliger Säure hatte bei 15—20 maliger Einwirkung denselben Erfolg.

Als Mittel gegen die Beschädigungen durch den Rauch großer Feuerungsanlagen läßt sich nur das im Hüttenbetriebe jetzt mehrfach angewendete Verfahren empfehlen, die schwefelige Säure zurückzuhalten und in Schwefelsäure umzuwandeln. Rösler[2]) empfiehlt, die abziehenden Gase bei Hüttenwerken durch lange Kanäle zu leiten, auf deren Sohle sich, wenn möglich der Richtung des Dampfes entgegen, rasch fließendes Wasser befindet, oder dieselben durch Koaksthürme zu leiten, wie sie bei Schwefelsäurefabriken zur Absorption der Säuredämpfe benutzt werden. Zur Verbesserung der gewonnenen Futterstoffe, schlägt Rösler vor, dieselben mit Kalkwasser zu waschen.

Es bleiben schließlich noch einige spezielle Punkte zu erwähnen, welche nicht

---

1) Chemische Ackersmann 1872. S. 24.

2) Ueber den schädlichen Einfluß des Hüttenrauchs auf Pflanzen und Thiere. Mittheil. des landw. Instituts der Universität Halle 1865. S. 179, cit. in Jahresber. d. Agrik.-Chemie 1865. S. 204.

minder die allgemeine Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen. Morren[1]) hat sich noch mit einigen andern gasförmigen Körpern in ihren Beziehungen zur Vegetation beschäftigt und gefunden, daß der Schwefelwasserstoff in einer Beimischung von $^{1}/_{1300}$ des Luftvolums giftig auf die Pflanzen wirkt. Ebenso verhält sich der Schwefelkohlenstoff. Alle drei Gase rufen charakteristische Erscheinungen hervor. Die schwefelige Säure, wie schon oben erwähnt, verursacht die fahlen, später sich bräunenden Flecken zwischen den grün hervortretenden Nerven. Der Schwefelwasserstoff färbt das Blatt gänzlich olivengelb; der Schwefelkohlenstoff scheint dagegen die Blätter auszutrocknen, ohne ihre grüne Farbe wesentlich zu modifiziren. Reines Kohlenoxydgas ist ohne schädlichen Einfluß auf die Vegetation.

Der Schwefelwasserstoff hat darum eine wesentliche Bedeutung, weil er sich fast immer dem Leuchtgase beigemengt findet und auf diese Weise wahrscheinlich eine ganz wesentliche Bedingung für den schädlichen Einfluß des Leuchtgases, das in der Nähe von Wurzeln im Boden ausströmt, abgeben mag. Die alleinige Ursache ist er nicht, da Kny[2]) nachgewiesen, daß auch das sorgfältig von Schwefelwasserstoff gereinigte Leuchtgas den Wurzeln schädlich ist. Aus der Beschaffenheit der bläulich gefärbten getödteten Wurzeln schließt Kny, daß das Gas mit der Nährstofflösung durch die Wurzelspitze aufgenommen wird. Was aber auch hier wieder mit Bestimmtheit sich ergiebt und seiner praktischen Bedeutung wegen eine fortgesetzte Reihe von Versuchen beansprucht, ist die Thatsache, daß die verschiedenen Bäume und Sträucher eine sehr große Verschiedenheit hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluß des Gases zeigen. Während z. B. die Ulme sehr bald einging, hat die blutrothe Cornelkirsche (Cornus sanguinea) ohne wahrnehmbaren Schaden die Vergiftung mit Leuchtgas überstanden. Wie weit der Einfluß einer Gasleitungsröhre sich erstreckt, zeigt eine Analyse von Girardin[3]), wonach der Boden noch in einer Entfernung von 1 Meter brenzliche Oele, Schwefel- und Ammoniakverbindungen aufwies.

Ein weiteres Beispiel für das verschiedenartige Verhalten der Pflanzen gegen Leuchtgas führt Lackner[4]) an; dessen Beobachtungen sich mehr auf den Einfluß beziehen, den Gas bei seiner Verbrennung im Zimmer auszuüben vermag. Den Camellien und Azaleen ist ein Aufenthalt im Zimmer, wo viel Gas gebrannt wird, sehr schädlich und Epheu soll darin bald ganz zu Grunde gehen; dagegen zeigen sich Palmen, Dracänen, Aucuba japonica und andere Pflanzen gar nicht empfindlich. Welches hierbei der schädliche Faktor sein mag, ist noch nicht festgestellt. Daß der bei der Verbrennung sich schnell steigernde Kohlensäuregehalt hierbei auf

1) A. a. O. S. 243 ff.

2) Sitzungsber. d. Gesellsch. naturforsch. Freunde zu Berlin in Bot. Zeit. 1871. S. 869.

3) Jahresb. d. Agrik.-Chemie. Jahrg. VII. 1866. S. 199.

4) Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenb. in d. Kgl. Preuß. Staaten. Januar 1873. S. 22.

den Pflanzenkörper so schädlich wirkt, wie auf den Thierkörper, wie man früher anzunehmen geneigt war, ist nicht der Fall[1]); es ist eher zu vermuthen, daß einzelne Produkte der unvollkommenen Verbrennung des Leuchtmaterials die Schuld tragen. Wie verschieden sich hierbei die einzelnen der gewöhnlich angewendeten Leuchtmaterialien verhalten, geht aus den Untersuchungen von Zoch[2]) hervor. Nach demselben steigerte sich der Kohlensäuregehalt der Luft durch mehrstündiges Brennen einer einzigen mäßigen Gasflamme in einem Wohnraume mittlerer Größe bis nahezu auf 3 Prom., also zu einer Höhe, wie sie von Pettenkofer und Oertel nur in Hospitälern und Kasernen angetroffen wurde. Wenn man zur Herstellung derselben Lichtintensität Petroleum anwenden wollte, würde man allerdings noch mehr Kohlensäure erzeugen. Besser als beide Beleuchtungsmaterialien stellt sich das Rüböl, das auf 100 Cub.-Mtr. Raum in 3 Stunden nur 1,190 Prom. Zunahme der Kohlensäure zeigt, während Leuchtgas unter denselben Verhältnissen 1,513 und Petroleum 1,779 Prom. Zunahme aufweisen.

§. 5. Beschädigungen durch Sturm.

Schon im Vorhergehenden ist darauf hingewiesen worden, inwiefern der Wind schädlich wirken kann, indem er z. B. die Verdunstung und die Abkühlung der Pflanzen vermehrt und das Erfrieren herbeiführt. Auf die extremen Wirkungen stark bewegter Luft, wie auf Entwurzelungen, Ausdrehen und Abbrechen der Zweige ist hier nicht weiter einzugehen, wohl aber mag ein Punkt Erwähnung verdienen, der häufig andern Ursachen zugeschrieben wird. Es ist dies die einseitige Kronenentwicklung der Bäume, auf welche Borggreve[3]) neuerdings wieder hingewiesen hat. Der Beobachter hebt zunächst hervor, daß nicht, wie bis-

1) Es ist im Gegentheil bei sonst günstigen Wachsthumsbedingungen bis zu einem hohen Prozentsatze hinauf der Kohlensäuregehalt nützlich, indem er die Produktion von Pflanzensubstanz befördert, was durch die vermehrte Sauerstoff-Ausscheidung angezeigt wird. Nach den Untersuchungen von Godlewski („Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung der Blätter von dem Kohlensäuregehalt der Luft" in Sachs' Arbeiten des bot. Inst. zu Würzburg 1873. III. S. 343—370) liegt das Optimum des Kohlensäure-Gehalts im Verhältniß zu dem Gehalt der Luft ungeheuer hoch (5—10 %). Es erklärt sich hieraus die überaus günstige Wirkung der Mistbeete und mit Pferdemist erwärmten niedrigen, in der Erde liegenden Glashäuser. Hier vereint sich die hohe Kohlensäureproduktion der sich zersetzenden organischen Substanz mit reichlicher Wärmeentwicklung, abgeschwächtem Licht und feuchter Luft, also den wesentlichen Faktoren einer üppigen Blattentwicklung.

2) Ueber den Einfluß der künstl. Beleuchtung auf die Luftqualität in Wohnungsräumen v. Branislaw Zoch, Zeitschr. f. Biologie 1867. S. 117, cit. in Jahresb. d. Agrik.-Chemie. X. Jahrg. S. 46.

3) Borggreve: Einwirkung des Sturmes auf die Baumvegetation, cit. im Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1872. S. 225.

her noch vielfach angenommen wurde, der Salzgehalt der Winde die Bepflanzung entwaldeter Küstengegenden verhindere, sondern allein der mechanische Einfluß stark bewegter Luft die Schuld trägt. Die Ungleichseitigkeit in der Entwicklung der Krone der endlich herangezogenen Bäume, die ein zweiter Nachtheil jener Gegenden ist, zeigt sich in der geringeren Länge und dem theilweisen oder gänzlichen Absterben von Zweigen, welche der herrschenden Windrichtung entgegenstreben. Das Vertrocknen wird durch die fortwährende Reibung der Zweige veranlaßt, wodurch die Knospen nicht allein abgestoßen und die jungen Blätter mannigfach zerrissen werden, sondern auch die Rinde nicht selten stellenweise bis auf den Holzkörper durchgerieben wird[1]).

Capitel V.

Verwundungen.

§. 1. Verletzung des Laubkörpers.

Obige Beobachtung führt uns zu einer der häufigsten Krankheitsursachen, zu den Verwundungen, welche namentlich an den Holzgewächsen leicht zu dauerndem Siechthum und Tod führen können. Die Verwundungen sind entweder mit Substanzverlust verbunden oder nicht; sie erstrecken sich entweder auf die Seitenorgane oder auf die Achse. Verletzungen der appendikulären Organe, der Blätter, sind nur insofern von Einfluß auf das Allgemeinbefinden der Pflanzen, als sie bei zu großer Ausdehnung auf sehr viele Blätter gleichzeitig die Respiration und Assimilation schwächen. Bei sehr zarten Gewächshauspflanzen mit geringem Reproduktionsvermögen kann eine reichliche Blattzerstörung die Pflanze derartig schädigen, daß sie langsam dem Tode entgegengeht. Solche Pflanzen, welche ein Organ zur Aufspeicherung der Reservenahrung, wie fleischige Stengel, Wurzelstöcke, Zwiebeln, Knollen u. s. w. besitzen, überstehen eine Schädigung ihres Blattkörpers, ja die gänzliche Entfernung desselben sehr leicht. Bei langlebigen, massigen Blättern

---

1) Es schließen sich hieran die noch wenig studirten Einflüsse des Hagels, der eine nicht zu unterschätzende Krankheitsursache abgiebt. Abgesehen von der Vernichtung der ganzen Pflanze, werden auch geringere Beschädigungen, wie Quetschung der Rinde an Zweigen, Verletzung der Epidermis an Blättern und Früchten volle Beachtung verdienen. Es können daraus zum Theil der Gummifluß, das Vergrünen mancher Pflanzen, der Samenbruch der Weinbeere u. s. w. entstehen.

kann eine größere Verwundung sich ohne wesentlichen Schaden für das Blatt wieder ausheilen. Bekannt ist z. B. von unsern Zimmerkulturen her, daß Blätter der Gummibäume (Ficus elastica) an irgend einem Theile ihrer Blattfläche die Mittelrippe quer durchbrochen zeigen, ohne daß der isolirte obere Theil deswegen zu Grunde geht; es entstehen an beiden Wundflächen der Mittelrippe Callusbildungen mit Korkabschluß und die Ernährung des oberen Theiles findet dann nur noch durch die zusammenhängende Parenchymmasse statt. Manche Blätter besitzen das Vermögen, an den Bruchstellen der Mittelrippe neue Pflanzen zu erzeugen, wie z. B. die der Begoniaceen und Gesneriaceen.

Die unzeitige Entfernung des ganzen Laubkörpers hat aber stets schädliche Folgen und ruft mindestens einen Stillstand im Wachsthum der Pflanze hervor. Bei solchen Pflanzen, die ausdauernde Organe mit Reservenahrung besitzen, wie bei unsern Bäumen, ist der schädliche Einfluß des gänzlichen Entlaubens in der Bildung des Holzringes des folgenden Jahres deutlich sichtbar. Im Entlaubungsjahre bildet der Baum aus der in den Markstrahlen befindlichen Stärke noch einmal einen geringen Holzring, der sich nach der Basis des Baumes hin schon häufig auskeilt, d. h. verschwindet. Findet die Entlaubung sehr früh statt, dann sucht der Baum durch einen zweiten Laubtrieb den Schaden zu repariren. Haben die ausgebildeten Blätter Zeit genug zu längerer Arbeit, so schaffen sie Reservestoffe herbei, um auch im nächsten Jahre wenigstens noch eine Holzkappe am Gipfel des Stammes zu bilden. Ist die Zeit der Laubthätigkeit zu kurz oder ist der Grund der Laubentfernung, wie bei Raupenfraß, lange Zeit vorhanden, dann ist es um die Bildung des nächstjährigen Holzringes fast ganz geschehen wegen der geringen Menge Reservestoffe des Vorjahres und der geringen Blattbildung des laufenden Jahres.

Eine Wiederholung des Blattverlustes im nächsten Jahre bedingt in der Regel das theilweise oder gänzliche Absterben des Baumes. Bisweilen ist eine vollständige plötzlich eintretende Entlaubung die Ursache bestimmter Gewebeumwandlungen, die als Gummi- oder Harzfluß bekannt sind und später eine gesonderte Besprechung finden werden. Selbst, wenn solche intensive Störungen nicht auftreten, bleibt Entlaubung schädlich; die neue Laubbildung, welche bei dem sogenannten Laubstreifen, d. h. bei Entfernung des kräftigsten Laubes zur Verfütterung hervorgerufen wird, geht stets auf Kosten der Ausbildung des Stammes vor sich und ist nur dann gerechtfertigt, wenn in der Laubnutzung die einzige Verwerthung des Bodens gesucht wird. Eine schlechte Sparsamkeit in der Wirthschaft aber ist es, den Laubkörper bei Pflanzen auch nur theilweis zu entfernen, deren Nutzungswerth in der Ausbildung des Reservestoffbehälters besteht. Dahin gehört das Abblatten der Rüben &c. Vielfache Versuche erweisen, daß ein einigermaßen starkes Entfernen kräftiger grüner Blätter oder Triebe immer mit geringerer Ausbildung der Rübe oder Knolle verbunden ist.

Sobald man den Werth des Blattes einmal erkannt hat, läßt sich auch beur-

theilen, daß Störungen der Funktion einzelner Parthien eines Blattes bei großer Ausdehnung über die ganze Belaubung einen schädlichen Einfluß ausüben müssen. Solche Störungen sind außerordentlich zahlreich durch Parasiten, welche, soweit sie pflanzlicher Natur sind, im Folgenden genauer behandelt werden sollen. Von den Verletzungen durch Thiere soll nur in einem Ausnahmefall die Rede sein, insofern diese als Erzeuger gewisser krankhafter Gewebewucherungen, der sogenannten Gallen, eine Rolle spielen. Vorzugsweise leiden die Blätter an Gallen. Die Besprechung dieser Erscheinungen erscheint durch den innern Zusammenhang mit der Maserbildung an einer spätern Stelle geeigneter. Es bleibt hier nur noch nothwendig, darauf hinzuweisen, daß in einigen Fällen das Entlauben zur Verhütung größerer Uebelstände angerathen werden kann.

Bei Obstbäumen, die in schwerem Boden stehen, finden die Triebe in feuchten Jahren keinen Abschluß ihrer Vegetation; sie treiben bis in den Spätherbst hinein an ihrer Spitze neue Blätter; diese Triebe werden nicht reif und erfrieren im folgenden Winter. In solchen Fällen werden die Spitzen der Zweige gedreht oder abgebrochen und die sämmtlichen Blätter entfernt, wodurch die oberirdische Achse in künstliche Ruhe versetzt wird. Der ungehinderte Zutritt des Lichtes, der zum Ausreifen des Zweiges durch Entlaubung desselben erzielt wird, ist auch häufig in kühlen Sommern zur Beschleunigung der Reife von Früchten nöthig; daher wird, namentlich bei Spalierobst, ein Ausbrechen von Blättern sich ebenfalls vortheilhaft erweisen.

§. 2. Verwundungen der Früchte

sind bis jetzt wenig der genaueren Beobachtung unterzogen worden. Nur eine Erscheinung ist in neuester Zeit Gegenstand experimenteller Forschungen geworden; sie betrifft den Samenbruch bei der Weinbeere.

Man versteht darunter das bisweilen häufige Auftreten von Weinbeeren, deren Samenkerne frei über die Oberfläche der Beere hervortreten, während die übrigen Beeren derselben Traube vollkommen normal sind und gut ausreifen. Hoffmann[1]) fand den vorgedrungenen Theil des Samenkorns glatt, prall, grün, in's Rothe verfärbt; aber die Beere selbst noch vollkommen grün. Im Laufe der ferneren Entwicklung zeigten sich solche Samen in der Regel mit verkümmertem Embryo, wobei ihre Schaale oft sehr groß wurde; die Beere aber blieb kleiner als die unverletzten Beeren, reifte jedoch sonst gut aus. Bisweilen war die Beere nicht größer, als ihr herausgetretener Samenkern und daraus läßt sich schließen, daß die Ursache in einem sehr frühen Stadium der Beerenentwicklung eingewirkt haben muß. An den Stellen, wo der Same durch die Beerenschale hindurchgedrungen

---

1) Samenbruch bei der Weinbeere. Bot. Zeit. 1872. Nr. 8.

war, nahm der Wundrand eine matt holzbraune Farbe an. Die ersten Zustände dieser Erscheinung zeigten sich in einer Verwundung der Epidermis und des unmittelbar darunter liegenden Gewebes, das lokal abstirbt und nun dem sich bisweilen abnorm vergrößernden Samen weder durch Dehnung nachgeben, noch dessen Druck genügenden Widerstand entgegenzusetzen vermag, also entzweireißt.

Die Versuche, durch Ritzen oder Abschneiden kleine Epidermispartien zu verletzen, brachten keine samenbrüchigen (herniösen) Beeren hervor; wohl aber zeigten sich hervorbrechende Samen an denjenigen Beeren, welche kurz, nachdem sie aus der Blüthe hervorgegangen, durch die Sonne verbrannt wurden. Es wurden nämlich Beeren mit einem Wassertropfen befeuchtet und auf diesen Tropfen der Strahlenkegel einer Linse gerichtet. Die Samen waren dann in, oder unmittelbar neben der versengten Stelle hervorgebrochen, so daß kein Zweifel bestehen kann, daß in der Natur durch Sonnenbrand der Samenbruch hervorgerufen werden kann. Einen zweiten Grund für diese Erscheinung stellte später Mohr[1]) in den Verletzungen der Beeren durch Hagelschlag hin und es steht zu vermuthen, daß auch noch andere Umstände dieselbe Wirkung haben können. Gegen die Krankheit wird sich empfehlen, die samenbrüchigen Beeren einer Traube sobald wie möglich auszuschneiden, um den unverletzten Beeren mehr Raum zur Ausdehnung und mehr Nährstoffe zukommen zu lassen.

§. 3. Verwundungen der Achse.

Die Verwundungen des verholzenden Achsenorgans sind um so schädlicher, je jünger, krautartiger, und je weniger massig ein Stamm ist, je tiefer spaltenförmig die Wunde ist und je länger dieselbe unverschlossen bleibt. Krautartige, schnellwachsende Pflanzen schließen in der Regel ihre Wundflächen außerordentlich schnell durch Korkbildung. Bei der Heilung sämmtlicher Wunden des Baumstammes sind wir auf die Thätigkeit des Cambiumringes angewiesen, also des jugendlichen Gewebecylinders zwischen Rinde und Holz, dessen mittelste Zellschichten durch ihre reiche Vermehrung die Verdickung des Dicotylenstammes übernehmen. Wenn an irgend einer Stelle dieser, die neuen Dauergewebe erzeugende Ring unterbrochen wird, kann sich das cambiale Gewebe von den Wundrändern aus in die Lücke hinein ausdehnen. Die in Dauergewebe umgewandelten Neubildungen an den Rändern der Lücke haben hier aber auch nicht den zusammenschnürenden Druck darüberliegender Rindenschichten auszuhalten, können sich daher auch in der Richtung des Stammradius weiter ausdehnen, als ihre gleichalterigen Zellen in der Cambialzone, welche von dem unverletzten Rindengewebe umschlossen wird. Demgemäß vergrößern sich die Zellen an den Wundrändern nach allen Richtungen mehr und

1) Bot. Zeit. 1872. Nr. 14. S. 130.

bilden auf diese Weise einen hervorragenden Wall. Das ist der Wulst von Ueberwallungsgewebe, den jede Wunde eines kräftig vegetirenden Stammes meist noch im Jahre der Verwundung zeigt.

I. Spaltwunden.

Die einfachste Wunde besteht in einem Längsschnitt durch die Rinde des Baumes. Erreicht das schneidende Instrument den Cambiumring, so entstehen in der Regel zwei wenig bemerkbare Längswülste neuen Gewebes, welche die schmale Wunde schließen. Diese Art der Verwundung ist für den Baum nur dann nachtheilig, wenn der Schnitt zu tief in den Holzkörper eindringt und dadurch zum klaffenden Spalt wird. Es entsteht dann eine Wunde, die längere Zeit offen bleibt, weil die vom Cambium gebildeten Ueberwallungsränder in einem Jahr die Wunde nicht decken können. Das gespaltene, an der Wundfläche trocken gewordene Holz kann kein neues Gewebe bilden, der Spalt kann ja nur durch Vereinigung der neuen, aus dem Cambium alljährlich hervorgehenden Holz- und Rindenschichten überwallt werden: in dem offnen Holzspalt sammelt sich Feuchtigkeit, die vom Winde stets herzugebrachten Pilzsporen keimen mit Leichtigkeit und tragen zur Vermoderung des Holzkörpers bei. Ist dann auch der Spalt überwallt und allmälig so vollständig geschlossen, daß man äußerlich keine Spur von Verwundung mehr nachweisen kann, so zeigt sich auf dem Querschnitt des gefärbten Stammes dennoch die ehemalige, jetzt braune Wunde. Deshalb sind Spalten des Holzkörpers die gefährlichsten, nie ausheilenden Wunden. Flache Längswunden, welche nur Rinde und Cambium spalten, sind im Gegentheil oft von besonderem Nutzen und im Obstbau von allgemeiner Anwendung, namentlich bei Bäumen, welche in einem kräftigen, lockern aber wasserreichen Boden stehen. Hier ist der jährliche Holzzuwachs ein sehr starker und somit der Druck, den die nicht in so hohem Grade dehnbare Rinde auf die cambialen Gewebe ausübt, viel größer, als bei Bäumen, die nur schmale Holzringe bilden. Die Rinde mit ihren äußeren, am wenigsten dehnbaren Korkschichten verhält sich zu dem Ausdehnungsstreben der neugebildeten Theile wie ein zusammenschnürendes Band, das nur dann reißt, wenn die äußern Korklagen abwechselnd trocken und naß, stark erwärmt und durch Frost zusammengezogen werden. Bei der viel gleichmäßigeren Feuchtigkeit, welche alle Gewebe solcher auf feuchtem Boden stehender Bäume durchtränkt, sind diese Differenzen kleiner, die Dehnbarkeit der Gewebe größer und somit die Möglichkeit, daß sich der Baum von seinem zusammenschnürenden Bande befreien kann, indem die äußeren Rindenschichten gesprengt werden, um so geringer. Der enorm sich steigernde Rindendruck kann dann Gummifluß und andere Gewebezersetzungen hervorrufen und um dies zu vermeiden, wendet man Längsschnitte in der ganzen Ausdehnung des jugendlichen Stammes (bei dem die Fälle hauptsächlich eintreten) an. Diese Manipulation, welche der reichen Cambialthätigkeit nun wieder genügenden

Raum schafft und ziemlich unpassend als „Schröpfen“ bezeichnet wird, findet auch häufig bei Veredlungen Anwendung, bei denen ein stark wachsendes Reis auf eine langsam wachsende Unterlage gebracht worden ist. Wenn z. B. die Mispel (Mespilus germanica L.) auf Weißdorn (Crataegus Oxyacantha L.) veredelt wird, ist in wenigen Jahren der Edelstamm doppelt so dick als die Unterlage. Man befördert dann das Dickenwachsthum des Weißdornstammes durch Aufhebung der Rindenspannung d. h. durch Schröpfen.

II. Veredlung.

Die Veredlungen selbst sind künstliche Wunden; sie werden um so leichter heilen, je weniger sie den Holzkörper berühren. Daher ist das Okuliren, wobei ein Auge dicht an die kaum aus dem cambialen Zustande herausgetretenen, noch fortbildungsfähigen Gewebe der Unterlage gebracht wird, das sicherste Veredeln. Das Copuliren wächst sehr gut, wenn Edelreis und Unterlage von gleicher Stärke und die Schnitte, lang und glatt, eine möglichst innige Berührung der Holzkörper vermitteln. Das aus dem Cambium entspringende, ringsum schließende Vernarbungsgewebe füllt zwar auch kleine Zwischenräume weniger dicht anliegender Schnittflächen aus; es kommt aber hierbei noch in Betracht, daß aus den Markstrahlzellen des Holzkörpers sich das mittlere Vernarbungsgewebe bilden muß, welches die Schnittflächen der beiden Holzkörper mit einander verkittet. Die für die Unterlage gefährlichste Veredlung ist das Propfen in den Spalt, zumal wenn ein schwaches Edelreis auf einen starken Stamm gesetzt wird. Der Holzkörper wird dabei gesprengt und das keilförmig zugespitzte Edelreis in die Cambialregion des Stammes gebracht. Das Mißliche liegt hier nicht in der Verwachsung des Reises, sondern in der Spaltwunde, die der Holzkörper empfängt, der dann durch den Eintritt von Feuchtigkeit häufig an dieser Stelle theilweis zerstört wird. Viel empfehlenswerther ist das Pfropfen in die Rinde oder mit dem Gaisfuß, wobei an der Spitze des querabgeschnittenen Stammes an einer Seite ein keilförmiges Stück Holz sammt der dazu gehörigen Rinde herausgeschnitten und durch ein genau passendes Stück des Edelreises ersetzt wird. Hierbei handelt es sich, wie bei der Copulation, um gutes Aneinanderschließen der Holzkörper.

III. Transversalwunden und Baumkitt.

Man hält in der Regel die Wunden, bei denen der Holzkörper theilweis oder gänzlich quer durchschnitten ist, für die gefährlichsten. In der That werden sie betreffs ihrer schädlichen Folgen nur von den der Länge nach verlaufenden tiefen Spalten übertroffen. Flache Längswunden, selbst wenn sie eine große Fläche des Stammes bloßlegen, heilen darum leichter, weil in der senkrechten Richtung des Stammes das Wasser leicht abläuft, die Sonne die Wundfläche besser abtrocknet

und der Holzkörper dadurch in der Zeit, wo er noch weniger von den Rändern her überwallt ist, weniger Gelegenheit zum Vermodern findet. Es wird daher unter Umständen gerathen sein, eine Wunde zu vergrößern. Wenn z. B. mit einer Schellaxt in den Stamm ein Hieb schräg nach unten in's Holz hinein geführt worden ist, dann ist es vortheilhaft, den eingehauenen Span gänzlich zu entfernen und die bloßgelegte Wundfläche noch derart nach unten zu erweitern, daß die ganze Wunde die Gestalt einer nach der Basis des Stammes hin offnen Mulde erhält. Das von dem Gärtner geübte Ausschneiden und Nachputzen der Wunde mit einem scharfen Messer hat den Zweck, dem Regenwasser möglichst wenig Ansammlungspunkte zu bieten. Bei einer Querwunde liegt durch die horizontale Lage der Wundfläche diese Ansammlung von Feuchtigkeit viel näher. Schon durch das verschieden starke Zusammentrocknen des Holzparenchyms der Markstrahlen und der senkrecht gestreckten Holzzellen wird ein glatter Querschnitt des Stammes uneben und bildet kleine Vertiefungen zur Ansammlung des Regenwassers; daher ist es bei allen Transversalwunden noch weit nothwendiger, als bei longitudinalen Verletzungen des Holzkörpers, die frische Wunde durch künstliche Mittel vor dem Einfluß der Feuchtigkeit zu schützen.

Man bedient sich dazu der verschiedenartigsten Baumkitte und wir wissen aus der Geschichte der Gärtnerei, daß in der Bereitung solcher Kitte der Mysticismus früherer Zeiten ein weites Feld gewonnen hatte. Der berühmteste Baumkitt ist der von Forsyth um die Mitte des vorigen Jahrhunderts dargestellte; das Recept dazu soll der König von England mit 15000 Thlrn. bezahlt haben[1]). Dieser Kitt besteht aus einer breiartig zusammengekneteten Mischung von 16 Theilen Kuhmist, 8 Theilen trocknem Kalk von einem alten Hause, ebensoviel Holzasche und 1 Theil Flußsand. Der Kuhmist kann durch Ochsenblut und der Kalk durch Kreide vertreten werden. Die etwa nur 1/8 Zoll dick aufgestrichene Mischung soll mit einem Pulver aus 6 Theilen Holzasche und 1 Theil gebrannten Knochen oder Kreide bestreut und dann die ganze Fläche möglichst geglättet werden. Der Kitt soll, frisch bereitet, bei trocknem Wetter zur Verwendung kommen oder unter Urin aufbewahrt werden.

Noch andere Mittel citirt Meyen[2]). Da vorläufig noch keine Experimente vorliegen, die den Nachweis einer direkten günstigen Einwirkung irgend einer Baumsalbe auf den Pflanzenkörper liefern, so mag von weiterer Aufzählung Abstand genommen werden. Der Werth eines Kittes wird also vorläufig nur in seiner schließenden Kraft, langen Dauer, Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse und seinem Preise zu suchen sein. Die jetzt üblichsten sind Auflösungen von Harzen, die durch Verdunstung des Lösungsmittels allmälig einen festen Ueberzug bilden. Recht gut bewährt sich das durch seine Billigkeit empfehlenswerthe

1) Willdenow, Grundriß der Kräuterkunde. 1831. S. 489.

2) Pflanzenpathologie. S. 22.

Baumwachs aus 1 Pfd. Weißpech und 7 Loth Alkohol. Das erstere wird am Feuer zerlassen und während des Aufkochens der Alkohol zugesetzt.

IV. Ausästen.

Auch die billigsten Baumsalben sind aber durch die Arbeit des Aufbringens schon kostspielig, wenn es sich um große Massen von Wunden handelt, wie solche bei dem Aufästen und Ausästen großer Baumcomplexe auftreten. Hier rechnet man meist nur auf den Naturheilungsprozeß der Ueberwallung. Dabei muß man aber die Ueberwallung wenigstens möglichst zu erleichtern suchen und dies wird in der Hand des ausübenden Personals liegen. Wenn man aus den oben angeführten Gründen die longitudinale Wunde der transversalen vorziehen muß, so wird sich bei dem Ausschneiden von Aesten aus den Kronen von Obstbäumen empfehlen, den Ast schräg zu durchschneiden, wie bei einem Copulationsschnitt, und zwar derart, daß die Schnittfläche mit ihrer ganzen Breite nach dem Boden gerichtet ist, wodurch das Eindringen des Regens verhindert ist. Man thut ferner gut, den Schnitt unmittelbar über einem Zweige zu beginnen, so daß der Zweig die Spitze des stehenbleibenden Aststückes einnimmt. Der beblätterte Zweig sendet seine erarbeitete Nahrung allmälig stammabwärts und ernährt somit einen Theil des Cambiums der unmittelbar unter seiner Basis liegenden Wundfläche des Astes, der dadurch um so schneller überwallt wird. Dies geschieht namentlich stark auf der Seite des Astes, auf welcher der Zweig aufsitzt; von da aus bis zum entgegengesetzten Punkte der Peripherie nimmt der Wulstrand an Dicke ab. Eine ähnliche Erscheinung gewahrt man im Innern ausgebrannter Weidenstämme, deren Aeste durch den stehengebliebenen Hohlcylinder des Stammes noch ernährt werden; an der angebrannten Basis des Astes im Stamminneren zeigt sich eine ringförmige Ueberwallung.

Bei der Wegnahme stärkerer Seitenäste am Hauptstamm sieht man bisweilen eine eigenthümliche Manier befolgt. Man sägt den Ast nicht glatt am Stamme ab, sondern läßt einen Aststumpf stehen, was wahrscheinlich in der Absicht geschieht, das Vermodern des Hauptstammes aufzuhalten. Wir sind überzeugt, daß das glatte Absägen der Aeste am Stamm das empfehlenswertheste Verfahren sei; denn die Ueberwallung eines knospenlosen Aststückes geschieht nur vom Hauptstamm aus; sie wird um so schneller erfolgen, je weniger Hindernisse dem absteigenden Bildungssafte[1]) entgegenstehen. Das Stück des stehengebliebenen Aststumpfes ist aber ein Umweg für den plastischen Saft, der selten gemacht wird. Wenn also über-

---

1) Wir behalten die frühere Ausdrucksweise jetzt bildlich bei und bezeichnen damit hier, daß die Ernährung des Gewebes eines Wundrandes vorzugsweise durch die plastischen Stoffe geschieht, welche der beblätterte obere Theil des Stammes erarbeitet und die wir in der Form eines neuen Jahresringes von oben nach unten fortschreitend am unverletzten Stamme auftreten sehen.

haupt eine Ueberwallung stattfindet, so ist dieselbe bedeutend schwächer, als an einer unmittelbaren, senkrechten Stammwunde. Wegen der Schäden, welche unter ungünstigen Verhältnissen durch Einfaulen der Aeste dem Hauptstamm zugefügt werden können, das Entfernen derselben (Schindeln und Stummeln des Forstmanns) ganz zu unterlassen, wäre ein Fehlgriff. Man vermeide nur zu große Wunden am alten Holze. An den jüngeren, kräftigen Stammtheilen wird die glatte Wundfläche eines 8—10 Cm. dicken Astes bald und kräftig überwallen. Bei Nadelhölzern tritt überdies häufig das Verkiehnen der Astfläche ein, welches jede Fäulnißerscheinung unmöglich macht.

Daß ein Stengelstück nur von dem beblätterten Theile über ihm ernährt wird, und nur auf sehr kurze Entfernung von dem unter ihm liegenden Stammkörper erhalten wird, sehen wir bei den gärtnerischen Pflanzenkulturen häufig. Ein Internodium, welches nicht durch eine Knospe abgeschlossen wird, vertrocknet bis auf die nächst untere Knospe. Bei dem Schnitt der Obstbäume und bei dem Veredeln sieht man daher mit Recht darauf, daß ein sogenanntes Zug-Auge vorhanden ist, welches durch seine Entfaltung zum beblätterten Zweige die plastischen Stoffe liefert, die das unter ihm liegende Internodium des Stengels zur Bildung der Kittschicht für die Veredlung braucht.

V. Rindenwunden.

Den geringsten nachtheiligen Einfluß auf das Leben des Baumes üben die Rindenverletzungen aus. Selbst wenn diese Verletzungen bis zur stellenweis vollständigen Entrindung sich ausdehnen, hängt es von der Zeit der Verwundung ab, ob das Leben des Baumes zerstört wird. Die schon früher von verschiedenen Beobachtern, namentlich von Th. Hartig[1]), gemachten und von dem Verfasser wiederholten und erweiterten Versuche haben dargethan, daß der nackte Holzkörper im Stande ist, aus sich selbst heraus ein neues parenchymatisches, die abgeschälte Rinde ersetzendes Gewebe zu bilden, wenn die Entrindung in der Zeit kräftiger Bildungsthätigkeit des Cambium's (wo die Rinde leicht „löst") vorgenommen wird. Schon im Laufe eines einzigen Jahres kann diese Parenchymbildung die Dicke der stehengebliebenen Rindenpartien erlangen und ihre Funktionen vollständig übernehmen. An mehrjährigen Exemplaren ist die geschälte Stelle des Stammes kaum mehr zu erkennen. Es bedarf zu dieser Neuberindung des Stammes kaum einer andern Vorsichtsmaßregel, als die Wahl des richtigen Zeitpunktes. An einzelnen Exemplaren (Kirschen) gelang die Operation vom Mai bis August, wobei jedoch auf die Individualität des Baumes Rücksicht genommen wurde; derselbe muß durchaus in kräftiger Vegetation sein und bei dem Schälen darf in keiner Weise die Wundfläche berührt oder gar mit einem Tuche abgewischt

1) Bot. Zeit. 1863. Nr. 39. — Vollständige Naturg. d. forstlichen Kulturpfl. 1852. Tafel 70.

werden, weil wahrscheinlich die stehen gebliebene jüngste fortbildungsfähige Zellschicht dadurch zerstört wird. Feuchthalten oder Beschatten der Wunde ist nicht nöthig[1]).

Solche Entrindungen, durch welche bisweilen auf Fußlänge der Holzcylinder an seinem ganzen Umfange bloßgelegt wird, haben praktische Verwerthung erhalten. Der vorzugsweise in dem Rindenkörper absteigende plastische Saft, der sonst zum Wachsthum des Jahresringes über den ganzen Stamm vertheilt wird, bleibt nun auf das Stammstück oberhalb der Ringelstelle angewiesen und erzeugt dort ungewöhnliche Neubildungen, die dem bloßen Auge in der bedeutenden Stammverdickung am oberen Wundrande (Ringelwulst) leicht erkennbar sind. Der Reichthum des oberhalb der Ringelwunde befindlichen Stammtheiles an plastischen Bildungsstoffen bedingt eine reichlichere Ernährung der Knospen, von denen die neuentstehenden häufig als Blüthenknospen angelegt werden, während nicht geringelte Stämme Blattknospen ausschließlich oder überwiegend erzeugen. In der Gärtnerei läßt sich daher diese Methode benutzen, Obstbäume, welche nicht blühen wollen, zur Blüthenentwicklung zu zwingen. Möglicherweise findet diese Methode auch Verwendung zur Gewinnung von technisch oder medizinisch wichtigen Rinden, sobald nachgewiesen ist, daß die aus dem Holzkörper nachgebildete Scheinrinde dieselben Eigenschaften, wie die normale, besitzt.

Bei dem Gärtner ist zur Erlangung der Fruchtaugen ein weniger tief eingreifendes Verfahren gebräuchlich. Man entnimmt nämlich unterhalb des Auges, das zum Fruchtauge anschwellen soll, ein sehr schmales Rindenstück und auch dieses nicht am ganzen Umfange des Zweiges, sondern nur auf der Seite, wo das Auge liegt. Dadurch wird für einzelne Augen das erreicht, was durch ausgedehnte Stammringelung für den ganzen Baum erzielt werden soll. Die Augen unterhalb der Stammringelung entwickeln sich zu um so stärkeren Laubtrieben.

Auch der Forstmann bedient sich des ringförmigen Abschälens der Rinde bisweilen mit Vortheil. Ratzeburg[2]) citirt Beobachtungen, wonach das sicherste Mittel zur gänzlichen Vertilgung der Wurzelbrut bei Aspen (Zitterpappeln) im gänzlichen Entkleiden der Basis des Mutterstammes von seiner Rinde besteht, womit bezweckt wird, daß der herabsteigende plastische Saft nicht mehr nach den Wurzeln gelangen und Veranlassung zur Bildung neuer Wurzelbrut (Wurzelausschlag) geben kann.

Im Wesentlichen allerdings übereinstimmend, in ihren nächsten Folgen aber abweichend von obigen Verwundungen wirkt der Schlag. Die Korkschichten der äußeren Rinde können dabei unverletzt erscheinen; aber meist ist das Gewebe der inneren Rinde und des Cambiums gequetscht, theilweis gesprengt und dem allmäligen Absterben verfallen. Es stellen sich dann häufig flüssige Gewebezersetzungen

1) Die Versuche wurden an Laubhölzern vorgenommen, gelingen aber nach Gericke auch an Nadelhölzern. Jahrb. des Schles. Forstvereins 1870. S. 64.

2) Ratzeburg: Waldverderbniß II. S. 107.

ein, wie Gummifluß bei Steinobst, Harzfluß bei Nadelhölzern, Theerbeulen bei Birken u. s. w. Die Störung, welche die cambiale Thätigkeit an der geschlagenen Stelle erfährt, reizt die nächste Umgebung zu erhöhter Thätigkeit. Dieselbe zeigt sich in der Verdickung des Jahresringes in der Umgebung der Wunde. Neben dieser steten Antwort des Organismus auf die erduldete Störung zeigen sich je nach den einzelnen Holzarten noch verschiedene Begleitserscheinungen, die bei dem Ringeln bereits erwähnt worden. Der absteigende Saftstrom findet an der verletzten Stelle ein Hinderniß; es wird also oberhalb der Verletzung weit mehr Nahrungsmaterial angehäuft, als gewöhnlich. Dasselbe wird zur Ausbildung eines überreichen Rinden- und Holzgewebes, zur Erweiterung der Markstrahlen, zur schnellen Ausbildung von Blüthenknospen u. s. w. verwendet. Unterhalb der Wunde findet der im Holzkörper vorzugsweise aufsteigende wasserreiche Wurzelsaft zwar im Holz keine Störung, wohl aber in der Rinde, welche in den Wandungen ihrer Zellen ebensogut Wasser durch Imbibition leitet, wie die Wandungen der Holzzellen.

Die Rinde wird, da sie an der Ringelstelle oder der durch Schlag zerquetschten Stelle das Wasser nicht weiter aufwärts leiten kann, unterhalb der Wunde wasserreicher; der Druck der von unten aufstrebenden Wassersäule erstreckt sich auch auf die Augen, deren junge Zellwände sich mehr und schneller strecken werden. Auf diese Weise entstehen aus diesen Augen lange, wasserreiche, mit großen Internodien versehene Laubtriebe, wie experimentell durch Ringelungsversuche nachgewiesen worden[1]). Schneidet man diese Zweige fort, so hat man nur die Folgeerscheinung der ungewöhnlichen Ernährungsverhältnisse unterhalb der Wunde entfernt, aber nicht deren Ursache, welche sofort wieder ähnliche Bildungen hervorruft. Die Anlagen dazu sind als Knospen an der Basis des abgeschnittenen Zweiges vorhanden, oder werden als Adventivknospen neu gebildet. Man sieht dann unterhalb solcher Wundstellen häufig Büsche dicht über einander stehender Zweige entstehen.

§. 4. Maserbildung.

Dieser Erweckung sonst ruhender Blattknospen oder solcher späteren Neubildung von nicht in einer Blattachsel entspringenden (adventiven) Knospen durch Störung des herabsteigenden Saftstromes begegnet man allenthalben an den stehengebliebenen Stümpfen gefällter Pappeln. Hier ist der höchste Grad der Verwundung, nämlich das gänzliche Entfernen des oberirdischen Theiles eingetreten und die im Stammstumpf befindlichen Nahrungsstoffe werden durch den Wasserauftrieb

1) Sorauer: Schälwunden und Ringelschnitt in Koch's Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gartenb. in d. Kgl. Preuß. Staaten. 1872. Nr. 31.

der Wurzeln zur Ausbildung von Adventivknospen verwendet, die den „Stockausschlag“ darstellen. Ebenso kann bei anderen Pflanzen Ausschlag direkt aus Wurzeln erfolgen (Wurzelausschlag). Dieser zeigt sich an solchen Wurzeln reichlich, welche frei oder wenig bedeckt auf der Bodenoberfläche liegen. Hier erleidet aber die Ausbildung der angelegten Triebe sehr leicht Störungen, indem dieselben abgetreten oder von Thieren bald in ihrer ersten Jugend abgefressen werden. Die gehäuft stehenden jungen Triebe, die sich an ihrer Basis verdicken und daher als kugelige Anschwellung über den Wurzelkörper hervortreten, werden nach ihrer Verletzung durch andere Triebe ersetzt, denen dasselbe Schicksal zu Theil wird. Auf diese Weise zeigt die Anschwellung sich als eine Anhäufung von verholzenden Zweiganlagen (Knospen). Eine Ausbildung zu gestreckten beblätterten Zweigen findet gar nicht mehr statt, da die Knospen bald absterben.

Der Vorgang, welcher hier von dem Wurzelausschlag beschrieben, kann an jeder Stelle des Stammes stattfinden und nicht selten sieht man an Stämmen solche Anschwellungen, aus denen einzelne ausgebildete Knospen hervorbrechen. Bei genauerer Untersuchung überzeugt man sich, daß diese Beulen am Stamme aus einer Menge Knospen bestehen, die sich nicht gestreckt haben, deren Holzkörper aber angelegt ist. Die Streckung der Knospe ist wahrscheinlich durch ihren frühen Tod unterblieben und das schnelle Absterben dadurch hervorgerufen, daß die Holzringe der jungen, dicht an einander liegenden Knospen einander in der Entwicklung störten. Neue Holzlagen werden bei weiterem Wachsthum des Stammes über die als kurze holzige Spieße dastehenden Reste der ehemaligen Adventivknospen gelegt und auf diese Weise die Auswüchse gebildet, welche wir als „eigentliche Masern“ bezeichnen und welche durch den unregelmäßigen Verlauf der Elemente des Holzkörpers der Möbeltischlerei ein gesuchtes Material liefern.

Die geschätztesten Masern liefern Birken, Ulmen, Pappeln, Erle, Linde, Ahorn und andere Laubhölzer, bei denen sie bedeutende Größe erreichen und häufig vorkommen; selten findet man sie dagegen an Nadelhölzern. Die oben beschriebenen Masern heißen auch spezieller „Kropfmasern“ zum Unterschiede von den „Knollenmasern“; unter letzteren versteht man jede kugelig vorspringende lokale Stammanschwellung. Maserbildung kann für den Pflanzentheil tödtlich werden, wenn sie, stark ausgebildet, den ganzen Stamm umgiebt. Die plastischen Stoffe können durch Absterben der leitenden Gewebe in der Maserregion über dieselbe nicht mehr hinweg nach unten wandern. Die Maser wirkt dann wie eine offen bleibende Ringelwunde und der darunter liegende Stamm stirbt, wenn er unter der Maser keine genügende Anzahl belaubter Aeste besitzt. Nach Meyen [1]) ist die Knollenmaser, welche sich durch ihre geringe Größe, ihre häufig fast vollkommen runde Gestalt und glatte Oberfläche von der Kropfmaser unterscheidet, in der Regel nur ein Vorstadium dieser letzteren und wenn man die ersten Anfänge solcher Bildungen be-

1) Pflanzenpathologie S. 90.

trachtet, ist man gezwungen, eigentlich in jeder von der regelmäßigen Gestalt und Lagerung der Jahresringe abweichenden Holzbildung eine Maser zu sehen[1]). Auch ohne wesentlich starke Verdickung beginnt der Holzkörper maserig zu werden, indem die Holz- und Gefäßzellen des Verdickungsringes einen verschlungenen (maserigen, wimmerigen) Verlauf annehmen, wenn sie z. B. einer Knospe ausweichen müssen. Solcher Zustand ist vollkommen normal. Krankhaft aber ist es, wenn an Stelle einer Knospe sehr viele gebildet, aber keine zum Zweige ausgebildet wird, wenn (wie Hartig sich ausdrückt) eine reichliche Verzweigung nur schwach entwickelter Aeste im Innern des Holzkörpers stattfindet[2]).

Bei der Heilung eines Baumes von der Maserbildung, vorzugsweise der Kropfmaser, wird man sich erinnern müssen, daß dieselbe in einer örtlichen Wucherung des Holzgewebes besteht, welche durch eine, von irgend welchem Reiz bedingte, abnorm reiche Zufuhr plastischer Nahrungsstoffe hervorgerufen wird und vorzugsweise dort erscheint, wo reiche Adventivknospenbildung auftritt. Wenn man daher, wie Hallier[3]) räth, die Maser recht glatt am Stamme abschneidet und die Wundfläche mit einem Pflaster verbindet, so wird damit allerdings das Wesentlichste gethan sein. Um recht sicher zu gehen, wird man aber auch das Schröpfen anwenden müssen. Durch das Einschneiden der Rinde am ganzen Stammumfang in der Höhe der Maserwunde werden die plastischen Stoffe, welche bisher zur abnormen Knospenbildung verarbeitet wurden, durch Bildung von reichlichem Vernarbungsgewebe an den Schröpfstellen abgeleitet und eine allseitig gleichmäßige Jahresringbildung wieder hergestellt.

§. 5. Hexenbesen.

An die Kropfmaser schließen sich zunächst diejenigen krankhaften Bildungen an, in denen die in ungewöhnlicher Anzahl angelegten Knospen sich zu wirklichen Zweigen ausbilden. Der auf diese Weise veränderte Pflanzentheil stellt sich als dichter Strauch in der sonst leicht verzweigten Krone dar und bildet die Erscheinung, die der Volksmund als Weichselzopf, Donner- oder Hexenbesen, Kollerbusch ꝛc. bezeichnet. Diese Weichselzopfbildung (plica) findet sich bei Nadelhölzern häufiger, als bei Laubhölzern; von letzteren beobachtete sie Linné an Birken und Hainbuchen, Schacht[4]) an Akazie und Birke, Moquin-Tandon[5]) sah sie an Ulmen

1) Schacht: der Baum 1860. S. 206.
Ratzeburg: Waldverderbniß Bd. I. S. 49.
Göppert: Nachträge zu der Schrift: Ueber Inschriften und Zeichen in lebenden Bäumen, sowie über Maserbildung. 1870. S. 6.

2) Hartig, cit. in Ratzeburg a. a. O. S. 49.

3) Hallier: Phytopathologie. S. 127.

4) Der Baum. S. 118.

5) Pflanzen-Teratologie, übers. von Schauer 1842. S. 380.

und Papiermaulbeerbäumen und erwähnt andere Beobachter, welche sie an Zwetschen, Schlehen und einigen krautartigen Pflanzen gefunden. Göppert[1]) und Meyen[2]) bemerkten solche überreiche Zweigbildung an Weiden, Master[3]) fand sie an Aepfeln, Hornbaum und Weißdorn. Bei den Nadelhölzern sind sie auf Tanne, Fichte und Kiefer vielfach beobachtet worden und zwar in der Regel mehr auf Seitenzweigen, als an Gipfeltrieben.

Ebenso wie bei der Maserbildung kann die Besenbildung auf sehr verschiedenen Ursachen beruhen. Eine spätere Systematik der Krankheiten wird demgemäß die einzelnen Fälle in sehr verschiedenen Abschnitten zu behandeln haben. Bei der jetzigen Unkenntniß der nächsten Veranlassung dieser Mißbildungen bleiben sie vorläufig durch ihre äußere Erscheinung zu einem Ganzen vereinigt. Mit Sicherheit ist nämlich erst ein einziger Fall auf seine Ursache zurückgeführt worden. Dies ist der Hexenbesen der Tanne, von welchem de Bary nachgewiesen, daß derselbe durch die Vegetation eines Rostpilzes (**Aecidium elatinum**) im Innern des Stammes hervorgerufen wird.

Den Donnerbesen der Fichte ist Czech[4]) geneigt, den Gallläusen (**Chermes abietis**) zuzuschreiben. Moquin-Tandon erwähnt einer Ulme im botanischen Garten zu Toulouse, welche unterhalb der Veredlungsstelle mehr als tausend in einander verschlungene Zweige hervorbrachte. Hier scheint eine Störung durch die Veredlung hervorgebracht worden zu sein. Estraicher[5]) sah besonders nach Ueberschwemmungen dergleichen Mißbildungen hervorgehen. Bei krautartigen Pflanzen findet man bisweilen nach Abschneiden oder Zertreten der Hauptachse eine große Menge kleiner, schwachblätteriger Laubtriebe entwickelt.

§. 6. Gallen.

Wie oben bei der Maserbildung eine Wucherung der prosenchymatischen Gewebe beobachtet worden, so liefern die krautartigen Pflanzen nach einem empfangenen Reiz vorzugsweise parenchymatöse Gewebeanschwellungen durch Ausdehnung und Vermehrung des Blatt- oder Stengelparenchyms. Bei dergleichen Hypertrophien sind nicht selten Pilze die Ursache. So sehen wir z. B. durch **Aecidium Euphorbiae** unsere gewöhnliche Wolfsmilch (**Euphorbia Cyparissias A.**) derart verändert, daß wir in dieser Pflanze mit ihren dicken Stengeln und kurzen Blättern plötzlich

---

1) Ueberſicht der Arbeiten d. Schleſ. Geſellſch. 1840. S. 104.
2) A. a. O. S. 64.
3) Vegetable Teratology 1869. S. 347.
4) Verhandl. des Schleſ. Forſtvereins 1857. S. 118, cit. in Ratzeburg's Waldverderbniß. II. S. 42.
5) Cit. von Schauer in Moquin-Tandon's Teratologie. S. 381.

eine andere Art zu finden glauben. Exoascus pruni macht aus dem Fruchtknoten der Pflaumen in kurzer Zeit eine krautartige grüne Tasche; Roestelia cancellata treibt die Birnenblätter an den Stellen, wo die Fruchtbecherchen des Pilzes sitzen, mächtig auf und veranlaßt, wie noch sehr viele andere Pilze, eine Anhäufung von Stärke im Gewebe der Nährpflanze.

Die meisten Gewebeanschwellungen werden durch Verwundungen von Insekten und Milben an den Pflanzen hervorgebracht. Besonders häufig sieht man das Pflanzengewebe hypertrophisch verändert, wenn die Thiere ihr Brutgeschäft beginnen. Wahrscheinlich ist es dann der länger dauernde Reiz an einer bestimmten Stelle, welcher durch die befruchteten, schwerfälligen und daher schwer von einem Orte fortgehenden weiblichen Thiere ausgeübt wird, der die reichlichere Ernährung der Parenchymgruppen veranlaßt, in deren Mittelpunkt das Thier saugt. Bei vorübergehender Verletzung durch die Mundwerkzeuge der Thiere behufs einmaliger Nahrungsaufnahme reagirt das Pflanzengewebe entweder blos durch den Tod der verletzten Zellen, wie bei Blattläusen, die auf der Oberfläche der Blätter leben oder aber bei reichlicher Nährstoffzufuhr zu jüngerem Gewebe durch haarförmige Verlängerung der einzelnen Zellen. Betrifft diese Verlängerung die oberflächlichen Zellen, dann erscheint der Pflanzentheil behaart, wie dies z. B. der Fall ist bei sammetartig erscheinenden Fraßgängen, welche die bandfüßige Halmfliege (Chlorops taeniopus) an Weizenpflanzen hervorbringt[1]), oder bei den Haarbüscheln, welche in den Winkeln der Blattnerven bei Kastanien, Birken, Erlen, Linden, Hainbuchen u. A. durch Gallmilben (Phytoptus)[2]) erzeugt werden.

Gerade die letzteren Thiere liefern deutliche Beispiele, daß bei dem längeren Reiz, welcher durch die weiblichen Thiere und deren Junge ausgeübt wird, das verletzte Gewebe durch reichlichen Saftzufluß und reichlichere Zellenwucherung antwortet.

Jede Wucherung parenchymatischer Natur, welche durch Verwundungen von Insekten oder Spinnenthieren (Milben) hervorgerufen wird, ist als Gallenbildung zu bezeichnen. Das Aussehen der Gallenbildungen ist je nach dem sie verursachenden Thiere und nach der Natur des betroffenen Pflanzentheils sehr verschieden. Bald zeigen sich die Blätter (welche überhaupt am meisten an Gallenbildung leiden) nur blasig stellenweise aufgetrieben, bald außerdem mit Haarfilz überkleidet, bald mit oft leuchtend gefärbten Blattern und Warzen bedeckt. Bei tiefer gehenden Verletzungen durch im Parenchym nistende Thiere werden sackartig fleischige, annähernd stets gleichgebaute Balggeschwülste erzeugt; diese werden nicht selten durch Blattläuse hervorgerufen. Wenn solche Verletzungen fleischige Stengel und Wurzeln betreffen, werden dieselben blasig aufgetrieben, mannigfach gedreht oder mit großen fleischigen Knoten bedeckt, oder zu einem ein-

1) Cohn: Jahresber. der Schles. Gesellschaft für vaterl. Kultur 1865. S. 71.
2) Thomas: Entstehung der Milbengallen 2c. Bot. Zeit. 1872. Nr. 17.

zigen Knoten umgebildet. Das häufigste Beispiel hierfür liefern die Schlafäpfel **Bedeguare** oder **Rosenschwämme**, welche dadurch entstehen, daß die Rosengallfliege (Rhodites rosae L.) ihre Eier in die jungen Blüthenknospen hineinlegt. Dadurch schwillt der ganze Trieb zu einer bisweilen faustgroßen fleischigen Masse an, deren Oberfläche mit zottigen haarähnlichen Blattläppchen bekleidet ist, welche grün, gelb oder röthlich gefärbt sind. Die bekanntesten Wurzelgallen sind die fleischigen **Anschwellungen der Kohlwurzeln**, welche durch die Kohlwalzenfliege (Ocyptera brassicaria F.) hervorgerufen werden[1]). Die vollkommensten Gallenbildungen endlich zeigen nicht nur eine sehr regelmäßige charakteristische, meist kugelrunde Gestalt, sondern auch eine Differenzirung in dem schon an und für sich harten Gewebe der Wucherung. Die eigentliche Brutstätte des Insekts in der Mitte der Galle ist durch eine feste Wandung ausgezeichnet. Erinnert mag hier nur an die Eichengallen werden, die im gewöhnlichen Leben fast allein den Namen Gallen (Gallae) führen.

So wie wir einen Unterschied zwischen Maser und Maserbildung gemacht haben und unter letzterer Bezeichnung alle diejenigen, auch normalen Zustände der Holzelemente zusammengefaßt haben, welche durch ihren welligen Verlauf an den charakteristischen Bau der eigentlichen Maser erinnern, so unterscheiden wir auch von den eigentlichen Gallen, welche gesonderte parenchymatische Gewebekörper darstellen, die Gallenbildungen. Letztere Bezeichnung begreift auch diejenigen Zustände

---

1) Mehrfach werden auch die eigenthümlichen knollenartigen, theilweis traubig zusammengesetzten **Auswüchse der Erlenwurzeln** sowie der **Wurzeln vieler Leguminosen** für Gallen, die durch Insektenstiche veranlaßt, gehalten. Nach den Untersuchungen von Woronin (Bot. Zeit. 1866. S. 329) an der Schwarzerle (Alnus glutinosa) und der gewöhnlichen Gartenlupine (Lupinus mutabilis) ist diese Meinung irrig. Die Anschwellungen bei der Erle, welche zuerst wie kleine dicke Wurzeläste, aber bald darauf anders gefärbt, ästig und traubig werden, bestehen vorzugsweise aus Wucherparenchym der Wurzelrinde, deren Zellen mit kleinen, farblosen, kugeligen, dicht gedrängten Bläschen erfüllt sind. In den Intercellularräumen findet man bei stärkerer Vergrößerung wenig verzweigte, farblose, sehr selten durch Querwände getheilte Mycelfäden, von denen kleine Seitenästchen die Zellwände durchbohren, und, in das Zellinnere eingedrungen, reichlich verzweigte Aeste mit angeschwollenen Spitzen aussenden, aus denen die genannten Bläschen hervorgehen. Die Entwicklungsgeschichte dieses Pilzgebildes, das der Verf. Schinzia Alni nennt, ist weiter noch nicht bekannt.

Die an den Wurzeln der Lupine und sehr vieler anderer Schmetterlingsblüthler vorkommenden, kugeligen oder gelappten, unregelmäßig vertheilten, bald seitlich ansitzenden, bald die Wurzel umgebenden, mit dieser gleichgefärbten Körper, die etwa zwei Ctm. Durchmesser erreichen, sind ebenfalls parenchymatische Wucherungen. Malpighi hielt sie gleichfalls für Gallen, P. Decandolle sah in ihnen krankhafte Auswüchse, Clos erklärte sie für Lenticellenwucherungen und Treviranus für unentwickelte Knospengebilde (Bot. Zeit. 1853 S. 395); dieselben sind von Gefäßen durchzogen, haben eine Rindenzone und einen dichteren Kern, in dessen Zellen bei der Lupine stäbchenförmige, einige Zeit hindurch bewegliche Organismen, die große Aehnlichkeit mit Bacterium Duj. haben, sich vorfinden. Auch diese Organismen, die bei dem Zerfallen des Wuchergewebes aus den einzelnen Zellen heraustreten, sind in ihrer Entwicklung noch wenig gekannt.

in sich, bei denen die Wucherung nicht in abnormer Vermehrung, sondern blos in abnormer Verlängerung der einzelnen Parenchymzellen zu fadenartigen oder haarähnlichen Gebilden besteht. Diese sehr häufig vorkommenden Haarwucherungen haben frühere Forscher als Pilze beschrieben, welche eine wesentliche Ursache der Filzkrankheit (Meyen) darstellten und in die Gattungen Taphrina Fr., Erineum Pers. und Phyllerium Fr. gestellt wurden. Jetzt weiß man, daß derartige als charakteristisch gestaltete Haare auftretende Wucherungen meist durch den Stich der Gallmilben (Phytoptus) verursacht werden.

Bei der ungemeinen Häufigkeit dieser Bildungen, der oft großen Ausdehnung einzelner und bei der ungenügenden Kenntniß, die wir von den Thieren selbst besitzen, dürfte ein genaueres Eingehen um so mehr gerechtfertigt sein, da einzelne Kulturpflanzen nicht unwesentlichen Schaden dadurch erleiden können.

Die Gallmilben unterscheiden sich von sämmtlichen anderen Milben, welche bekanntlich im ausgebildeten Zustande acht Beine haben, dadurch, daß sie nur vier Beine besitzen. In Folge dessen betrachtet man sie noch jetzt theilweis als unvollkommene Entwicklungsstufen von achtbeinigen Arten; dies ist jedoch irrig, da man die vierbeinigen Individuen mit Eiern beobachtet hat, aus denen sich Junge entwickelten. Die Verbreitung der Gallmilben oder Phytoptus-Arten ist eine sehr große. Thomas[1]), dem wir neben eigenen Beobachtungen die gründlichste Zusammenstellung der Literatur verdanken, weist nach, daß diese Thiere von den arktisch-alpinen Regionen bis in die wärmere gemäßigte Zone hinein verbreitet sind; am häufigsten sind sie bis jetzt in der kälteren gemäßigten Zone beobachtet worden, wo sie eine sehr große Anzahl von Pflanzen bewohnen und namentlich deren Blätter mannigfach verunstalten. So findet man z. B. die Thiere, deren einzelne Arten wegen ihrer Kleinheit noch nicht sicher unterschieden werden können, auf Birkenblättern, wo sie Blattausstülpungen verursachen, auf der Haselnuß, deren Knospen gänzlich verändert werden, auf Eschen, Wallnüssen, Je-länger-je-lieber, Wein, Maulbeeren, Birnen, Aprikosen, Pflaumen 2c. Was von besonderer Wichtigkeit erscheint, ist, daß dieselbe Art auf derselben Pflanze ganz verschiedene Gallen hervorzubringen vermag. So findet man bei der Hainbuche die Blätter gefaltet, den Blattrand gerollt, an den Nervenwinkeln kleine Ausstülpungen und endlich auch Gallen in Form kleiner Taschen; bei unseren Hauspflaumen sieht man Blattgallen, deren Form sehr wechselt; bei der Linde sind einzelne Blätter auf ihrer Fläche mit kleinen unterseits behaarten Ausstülpungen versehen, andere zeigen dieselben an den Nervenwinkeln und dabei den Rand etwas fleischig und ungerollt. Andere Linden haben ihre Blätter mit nagelförmigen, röthlichen, krautartigen Auswüchsen (Nagelgallen) besetzt und immer ist es dieselbe Milbe, welche die verschiedenen Verunstaltungen hervorruft. Die Blätter, selten die Früchte und Rinde, bilden den

---

1) Thomas: Schweizerische Milbengallen in Verh. d. St. Gallischen Naturwissensch. Gesellschaft 1870/71. Separatabzug S. 16.

Sommeraufenthalt der Thiere; ihr Winterquartier ist, soweit bis jetzt bekannt, vorzugsweis die Knospe[1]), in welche sie, wie es scheint, meist geschlechtslos einwandern.

Der Schaden, den die Thiere den Pflanzen zufügen, ist nur dann ein nennenswerther, wenn ihr Auftreten, namentlich an Fruchtbäumen, derartig häufig ist, daß durch die Anzahl der Gallen die arbeitende Blattfläche um ein Bedeutendes gemindert wird. Dies ist der Fall bei Birnbäumen, welche dadurch an einer ausgeprägten Krankheit leiden. Die Krankheit, welche zwar bekannt, aber bisher wenig untersucht worden ist, habe ich einer genaueren Betrachtung unterzogen, deren Resultate im Folgenden niedergelegt sind. Ich bezeichne die Krankheit als Milbensucht der Birnbäume.

Die Milbensucht der Birnbäume (Acariasis). (Tafel I.)

Die Krankheit ließ sich in den letzten Jahren in solcher Ausdehnung wahrnehmen, daß ich vermuthe, es möchte kaum eine größere Baumschule existiren, welche nicht erkrankte Exemplare aufzuweisen hätte.

Dem unbewaffneten Auge ist die Krankheit durch das eigenthümlich pockige Aussehen der Blätter kenntlich. Diese Pocken stellen kleine runde oder längliche, oft mit einander verflossene Auftreibungen dar; sie haben an ausgewachsenen Blättern eine gelblichere Färbung als der gesunde Theil; am jugendlichen Organe sind sie bei einigen Varietäten carminroth (Fig. 8), später werden sie überall braun bis schwarz (Fig. 9). Das Auftreten der Blattern wird zahlreicher an der Blattspitze und der oberen Blatthälfte beobachtet; jedoch ist die untere Blatthälfte selten ganz verschont. Sehr häufig ist es die Längsregion zwischen Mittelrippe und Blattrand, welche am meisten befallen erscheint; dies ist die Region, die zuerst frei wird, wenn das gerollte junge Blatt aus der Knospe tritt. Bei sehr starkem Auftreten der Krankheit ist das Blatt seiner ganzen Länge nach pockig. Die einzelne Pocke erscheint zuerst auf der Blattunterseite (Fig. 1 u) erhaben, wenn auch später oft weniger über das Niveau der Fläche hervortretend als auf der Oberseite, wo die Erhabenheit in Form eines an der Spitze abgerundeten Kegels auftritt, während sie auf der Unterseite eine flache Erhebung darstellt, deren Farbe ursprünglich von derjenigen des gesunden Blatttheils nicht abweicht, später gelb oder roth am Rande wird, während sich die Mitte vertieft und braun färbt.

Wenn man eine solche Pocke quer durchschneidet, sieht man, daß die innere Struktur derselben wesentlich von dem normalen Baue (Fig. 1 n) des Blattes ab-

---

1) Erwähnenswerth ist in dieser Beziehung eine neuere Entdeckung von J. Moritz, wonach sich die auf Weinblättern nistende Art (Phytoptus vitis) im Januar und Februar auf den Wurzeln der Stöcke aufhält und ähnliche Erkrankungserscheinungen bedingt, wie die der berüchtigten Wurzellaus (Phylloxera vastatrix), cit. in „Frauendorfer Blätter" 1873. Nr. 30.

weicht. Der Querdurchmesser der erkrankten Stelle (Fig. 1 g) ist je nach dem Grade der Ausbildung der Pocke verschieden, bisweilen doppelt so groß, als in dem normal gebauten Theile des Birnblattes. In allen von mir beobachteten Fällen ist auf der Blattunterseite die Oberhaut an der Pocke aufgetrieben; in der Mitte dieser Auftreibung findet sich eine meist längliche Oeffnung von etwa $^1/_{10}$ — $^1/_8$ Millm. Diese Oeffnung (Fig. 1 u) liegt vertieft; die sie umgebenden Ränder sind kraterförmig eingesunken und werden bald braun und trocken. Das Braunwerden der Pocke nimmt von der Mitte aus nach dem Umfange zu und bei Beginn des Johannitriebes sind die Blätter des ersten Triebes, namentlich die unteren, mit großen schwarzbraunen, rundlichen, etwas aufgetriebenen Stellen auf der Unterseite besetzt, denen auf der Oberseite des Birnenblattes jene erst gelbgrünlichen, später ebenfalls schwarzen Höcker entsprechen (Fig. 9).

Die Parenchymzellen (Fig. 1 p) stehen im Innern eines normal gebauten Birnblattes ziemlich dicht ohne auffallend große Zwischenräume und zwar liegen diese Zellen im Allgemeinen um so dichter bei einander, je mehr sie sich der Blattoberseite nähern. Ganz anders verhält sich die pockige Stelle: in der Regel ist die unmittelbar unter der Epidermis liegende Parenchymzellschicht, welche rothe Farbstoffkugeln oder gänzlich rothgefärbte Zellsäfte bei einigen Varietäten führt, mit der Oberhaut in die Höhe gehoben (Fig. 1 r).

Die von dieser Zellschicht aus noch mehr nach innen gelegenen Parenchymzellen (Fig. 1 p′) sind bedeutend, oft fast fadenförmig verlängert und zwar in verschiedenen Richtungen verlängert, so daß sie ein aus verschieden großen Zellen gebildetes Gerüst darstellen, das weite Höhlungen zwischen sich läßt. Durch dieses Auswachsen der Zellen des Blattinnern entsteht jene pustelartige Erhabenheit, die dem bloßen Auge zunächst auf der Unterseite der kranken Birnenblätter entgegentritt. In vielen Fällen zeigt sich diese Pustel oder Galle blos auf der Unterseite als Erhabenheit. Dann sind nur diejenigen Zellen des Blattinnern, welche der Epidermis der Blattunterseite näher liegen, ausgewachsen; in ebenso vielen Fällen dagegen strecken sich auch die der Blattoberseite nahe liegenden Parenchymzellen und treiben die obere Epidermis auf.

Wir haben es somit hier mit einer Galle zu thun, bei welcher eine eigentliche Neubildung von Zellen sehr wenig oder vielleicht gar nicht stattfindet und bei der auch nicht das so häufige Auswachsen der Oberhautzellen zu Haaren eintritt, sondern einfach eine Verlängerung einzelner Zellen des Blattinneren und dadurch eine außerordentliche Erweiterung der Zwischenzellräume zu weiten Höhlungen sich zeigt [1]).

---

1) Bezüglich der Entstehung der Galle bin ich nicht in's Klare gekommen, ob das Thier mit seinen Mandibeln immer eine Zelle ansticht oder auch zwischen zwei Epidermiszellen einbohrt. Die ersten Oeffnungen, welche die Blattunterseite zeigt, erscheinen oft wie durch einfaches Auseinanderweichen der Zellen gebildet, die nur vergrößert, aber in ihren Wandungen nicht verletzt sind. Bei andern Oeffnungen glaube ich deutlich Zellwandfetzen erkannt zu haben. In beiden

Wenn man im Mai diese Gallen genauer durchmustert, findet man in den einzelnen Höhlungen grau erscheinende, schwach ovale Körper von 0,042 bis 0,055 Mm. Länge und 0,037 bis 0,045 Mm. Breite (Fig. 1 e′). In einzelnen Fällen waren die Dimensionen noch etwas größer.

Der Inhalt war dann heller, gleichmäßiger zusammenhängender, unregelmäßig eingeschnürt, während bei den kleineren Formen der Inhalt flüssiger und durch zahlreiche Fetttropfen verschiedener Größe getrübt erschien. Diese ovalen Körper

---

Fällen wird der Galleneingang sich bilden können. Bohrt das Thier zwischen den Epidermiszellen ein, so wird an dieser Stelle eine Störung des Zusammenhanges der Epidermis stattfinden. Die Epidermiszellen befinden sich aber, da das angestochene Blatt stets noch jung und in Streckung begriffen ist, in einem Zustande passiver Dehnung durch die Ausbildung des Blattdiachyms. Ist der Widerstand, den die Epidermis durch ihre Continuität ihrem Gestrecktwerden entgegensetzt, an einer Stelle aufgehoben, also ein Loch entstanden, so wird dasselbe durch die vermehrte Ausdehnung des sich streckenden Diachyms vergrößert werden. Ebenso wird ein Loch entstehen, wenn eine Zelle selbst durch das Thier verletzt und ihr Inhalt alterirt wird; die Zelle wird allmälig absterben, ihre nicht mehr dehnbaren Wandungen können dem Zuge durch das sich vergrößernde darunter liegende Diachym nicht mehr durch Ausdehnung wie die übrigen unverletzten Epidermiszellen folgen und zerreißen. Ist die Oeffnung einmal vorhanden und somit die Spannung der Epidermiszellen in der Umgebung einmal aufgehoben, so wird der durch den Stich des Thieres hervorgerufene Reiz und damit verbundene Saftzufluß sich in einer allseitigen Vergrößerung der die Oeffnung umgebenden Epidermiszellen geltend machen. Dies ist der Fall.

Die Spannung, welche die Epidermis erleidet, muß sich aber gleichzeitig durch senkrechten Druck auf das Blattinnere geltend machen. Wird die Spannung an einer Stelle aufgehoben, so ist auch der Druck auf die Zellen des Blattdiachyms aufgehoben und dasselbe dehnt sich nun in der Richtung des geringsten Widerstandes und hebt die Epidermis über das gewöhnliche Niveau heraus. Daher das fadenartige Auswachsen der Zellen in der Richtung der verletzten Unterseite. Das „Fliehen der Gallbildung“ d. h. die Ausstülpung des Gewebes nach der der Verletzungsstelle entgegengesetzten Blattseite, erkläre ich mir nicht wie Thomas (Bot. Zeit. 1872. S. 286) durch einseitig verminderten Intercellulardruck in Folge des Saugens einer Milbe an einer Zelle, da ich nicht annehmen kann, daß das Mutterthier, das sich in das Blattinnere eingräbt, an allen den auswachsenden Zellen gesogen habe; ich glaube vielmehr folgende Erklärung für zureichend. Durch die in die Galle eindringende Luft werden die Zellwandungen, die unmittelbar mit der Luft in Berührung kommen, erhärten und vielleicht cuticularisirt. Dieser Vorgang wird bei denjenigen Zellen, welche der Blattoberseite näher und noch in seitlichem Zusammenhange mit einander stehen, zunächst nur an demjenigen Theile der Zellwand stattfinden, welcher nach der Gallenöffnung, also nach der Blattunterseite zu gelegen ist.

Der durch den Saftzufluß sich steigernde Turgor wird die Zellwände, die noch nicht durch Berührung mit der Luft stark erhärtet sind, d. h. die nach der Oberseite hingewendeten, ausdehnen und auf diese Weise entsteht die Auftreibung der Oberseite. Ist eine solche Galle in der Nähe des Blattrandes, dann ist auch der seitliche Widerstand, den die sich ausdehnenden Diachymzellen finden, nicht gleich, sondern, da in der Richtung der Breitenausdehnung der Blattfläche nur wenige Zellen bis zum Blattrande noch stehen, an dieser Seite der Widerstand geringer, als von der soliden Zellmasse aus, die auf der andern Seite der Galle nach der Mittelrippe hin liegt. In Folge dessen dehnen sich die Zellen der Galle nicht nur nach der Oberseite, sondern auch nach der Randseite hin aus und der Blattrand rollt sich in Folge dessen nach unten um.

stellen die Eier der Milbe (Phyt. piri Pag.) dar, welche die Krankheit der Birnenblätter verursacht.

Die Milben sind dem bloßen Auge nicht sichtbar; unter der Lupe erscheinen sie als weiße, bei durchfallendem Lichte braune, meist walzenförmige Thierchen (Fig. 2) von verschiedener Größe. Die größten Thiere, welche ich zu beobachten Gelegenheit hatte, waren durchschnittlich 0,19 Mm. lang und 0,05 Mm. breit (nur vier Thiere von 0,25 Mm. Länge und 0,05 Mm. Breite wurden einmal im Nov. gefunden), wenn man die nach vorn ausgestreckten vier Beine mit zur Körperlänge rechnet. Ihr Körper ist quer geringelt und zwar lassen sich 50 bis 80 Ringe auf der ganzen Körperlänge zählen. Der kurze Kopf scheint aus einem kegelförmigen Rüssel (Fig. 2 und 3 r) zu bestehen, in welchem sich zwei klingenartige äußerst feine, braune, harte Lamellen (Fig. 3 m, (schematisch) Fig. 4 m) über einander gelegt, als die eigentlichen Mundtheile vorfinden. Unter zahlreichen Beobachtungen gelingt es nur in wenigen Fällen, diese Lamellen durch Druck aus einander zu bringen, so daß sie scheerenartig über einander greifen. In der Mehrzahl der Fälle stellt sich dieses Organ als einfacher brauner, im Bogen etwas nach unten gekrümmter, nadelartiger Körper dar. Noch schwieriger ist der Bau des sogenannten Rüssels zu erkennen. Derselbe besteht nämlich aus zwei unterhalb der Vorderbeine entspringenden, etwas kegelförmigen, wahrscheinlich dreigliedrigen Palpen (Fig. 4 p), deren letztes Glied an der der anderen Palpe zugewendeten Innenseite röhrenförmig ausgehöhlt, und an der Spitze mit einem kegelförmigen sehr kurzen Fortsatz mit kurzer Borste versehen ist. Diese beiden Palpen liegen dicht gegen einander gepreßt, entweder vorwärts gestreckt oder nach unten gerichtet über den klingenartigen Mundtheilen, während die eigentliche direkte Fortsetzung der oberen Körperfläche als gleichschenkliges, vorn abgerundetes Dreieck bis an das Ende des ersten Palpengliedes reicht. In dem Falle nun, daß das Thier auf der Seite liegt, so daß man erkennt, wie stark der ganze Körper von oben nach unten zusammengedrückt erscheint und wenn der aus den Palpen gebildete Rüssel nach unten gerichtet ist, erkennt man das Ende der oberen Körperfläche als einen den Kopf deckenden vorspringenden Chitinschild (Fig. 3 s).

Die klingenförmigen braunen Mandibeln erscheinen an ihrer Einfügungsstelle in die abgestutzt dreieckige Unterlippe (Fig. 4 u) etwas zwiebelförmig angeschwollen.

Unmittelbar hinter der Unterlippe liegen die vier gleichlangen Beine, die, ausgestreckt, etwa 0,01 Mm. über die Rüsselspitze hinausragen. Die Beine erscheinen sechsgliedrig, seitlich zusammengedrückt, auf der Unterseite schwach zähnig gerandet und ungefärbt, in ihrer Gesammtlänge etwa 0,038 — 0,05 Mm. messend. Bei der Bewegung unterscheidet man eigentlich nur drei Theile: ein Hüftglied mit Oberschenkel, einen Unterschenkel und das Tarsenglied; das Kniegelenk ist das beweglichste. Die Bewegung der Beine findet vorzugsweise in der Vertikalebene statt. Ganz charakteristisch vielleicht dürften die Beinborsten erscheinen. Auf der

Kniescheibe der Vorderbeine steht eine senkrecht nach oben gerichtete, am gewöhnlich gekrümmten Beine starr nach vorn gerichtete Borste (Figg. 3 und 4 k b). Ebenso zeigt das letzte Glied aller Beine eine nach außen gerichtete Borste (Figg. 4 und 5 b), nach deren Ursprungsstelle hin deutlich die Abzweigung eines Beinmuskelstranges (Fig. 5 m u) beobachtet worden ist.

Die Fußspitze besteht aus einem gekrümmten, seitlich zusammengedrückten, nach außen gerichteten, an der Unterseite sehr schwach gezähnten Nagel (Fig. 5 n), der an seiner Spitze leicht knopfförmig verdickt ist. Geschützt von diesem, wie es scheint, unbeweglichen Nagel liegt die gefingerte, fünf- oder siebenschnittige[1]) Tarse (Fig. 5 t), welche nach dem Nagel hin beweglich und mit ihrem starken Stielende ziemlich weit in das letzte Beinglied hinein sichtbar ist. An einigen Präparaten war die gefiederte oder besser gefingerte Tarse (denn die einzelnen Fiedern entspringen nicht von einem stielrunden, sondern flach ausgebreiteten mittleren Theile wie die Finger einer Hand) ganz an die innere Nagelfläche angedrückt; dagegen aber das Ende des die Tarse tragenden Beingliedes polsterförmig nach außen gezogen, und schien als Haftblase zu fungiren.

An den Beinen ist noch eine Borste regelmäßig vorhanden; dieselbe liegt auf der Unterseite des Hüftgliedes eines jeden der vier Beine und ist meist nach außen gerichtet (Figg. 3 und 4 h b).

Unmittelbar unter der Einfügungsstelle der Hinterbeine liegt der Geschlechtsapparat in Form einer nach unten sich öffnenden Hautklappe (Figg. 3 und 4 g). Dicht unter dieser Hautklappe liegt jederseits von der Mittellinie eine kürzere Borste (Genitalborsten) (Fig. 4 g b); ungefähr in der Mitte der ganzen Körperlänge, etwas weiter von einander entfernt, ist wiederum jederseits eine Borste auf der Bauchseite erkennbar (Bauchborsten) (Fig. 4 b b); im letzten Körperdrittel liegt an jedem Seitenrande des von oben nach unten zusammengedrückten Thieres ebenfalls noch eine Borste (Seitenborste) (Fig. 4 s b). Endlich erscheinen auf dem hintersten, etwas verschmälerten, nach unten umgeschlagenen Theile zwei sehr lange, peitschenförmige, etwa $^1/_3$ der ganzen Körperlänge messende Borsten (Analborsten) (Figg. 3 und 4 a b), welche nach hinten und unten gerichtet sind. Zwischen diesen befinden sich noch etwas dem Körperende näher gerückt, zwei sehr kurze steife Borsten (Fig. 2 s t b).

Letztere beiden Borstenpaare gehören schon der Oberseite des Thieres an, sind aber stets nach unten gerichtet. Das letzte Borstenpaar findet sich auf dem Rücken etwa in der Höhe, in welcher der Genitalapparat auf der Bauchseite beginnt; sie mögen Schulterborsten (Fig. 3 sch b) heißen; hier beginnt die Körperringelung, welche an den peitschenförmigen Borsten endigt. Das hinterste Bauchborstenpaar entspringt auf dem siebenten Ringe, vom After aus gerechnet, das mittlere, näher

1) Die außerordentliche Zartheit des Organs ließ mich über diesen Punkt zu keiner bestimmten Ansicht kommen; bei einigen Thieren sah ich genau nur fünf Abschnitte.

an einander gerückte Paar von Bauchborsten auf dem 18. oder 19. Ringe von hinten; zählt man etwa 17 Ringe von der Schulterborste an nach hinten, so findet man den Leibesring, auf welchem das auf die Genitalborsten folgende Bauchborstenpaar steht. (Kleine Abweichungen von diesen Durchschnittszahlen kommen vor.)

Sämmtliche Borsten entspringen von stumpfkegelförmigen kurzen Hervorragungen des Körpers; die Mehrzahl derselben ist stets vorhanden; die Schulterborsten und ein Paar Bauchborsten habe ich dagegen bei manchen Thieren nicht finden können.

Es wurde oben erwähnt, daß die Thiere meist walzenförmig sind; dies ist nur bedingungsweise richtig, indem zu verschiedenen Zeiten mehr oder minder häufig eine zweite Form auftritt, deren Körpergestalt etwa eine spitzeirunde ist (Fig. 4). Die größte Breite liegt in dem vorderen Körperdrittel (in der Gegend des Genitalapparates), von da aus spitzt sich das Thier kegelförmig nach hinten zu.

Ich halte diese Form für die entwickelte männliche Form. Die Schulterborsten sind hier stets vorhanden; am letzten Gliede des vorderen Beinpaares entspringen nahezu in derselben Höhe wie die obenerwähnte, aber etwas mehr nach der Innenseite zu, je eine Borste, die wie die erste über die Fußspitzen hinaus greift. Die den Rüssel bildenden Palpen haben auf ihrem letzten Gliede je eine senkrecht nach oben stehende, in natürlicher Lage nach vorn gerichtete Borste (Fig. 4 p b).

Die längsten Thiere, welche ich von dieser Form beobachten konnte, waren 0,195 Mm. lang mit ausgestreckten Beinen, also wenig kürzer, wie die walzenförmigen; der eigentliche Körper von der Rüssel- bis zur Schwanzspitze war dann 0,167 Mm. lang. Die Länge der ganzen Beine von der Ansatzstelle derselben an betrug 0,045 Mm. (bei den walzenförmigen Thieren nur 0,038 Mm. und wenig darüber), ihre Schenkeldicke 0,01 Mm. und das letzte Beinglied 0,0025 Mm. Die größte Körperbreite, die, wie schon erwähnt, in der Gegend des Genitalapparates unmittelbar hinter den Beinen eintritt, beträgt 0,068 Mm., also $^2/_5$ der eigentlichen Körperlänge, während sie bei den walzenförmigen etwa (Fig. 2) nur $^1/_4$ beträgt. Der Schwanz- oder Aftertheil ist 0,015 Mm. breit.

Wenn man das von oben nach unten ebenfalls stark zusammengepreßte Thier von der Seite betrachtet, sieht man, daß der Rücken bei durchfallendem Lichte braun bis dunkelbraun, der Bauch dagegen hellbraun bis weiß ist und sich ziemlich plötzlich in das Afterende verdünnt. Wenn dieses durch Rollen des Thieres unter Deckglas und durch Druck vollständig flach gelegt wird, erscheint es fast cylindrisch, etwa 15 Körperringe umfassend (Fig. 7), in zwei fleischige, den Nachschiebern vergleichbare Fortsätze auslaufend (Fig. 7 n), die zwischen sich eine feine innere Haut (Fig. 7 d) sehen lassen; diese halte ich für das Ende des Darmkanals. Die Körperhaut ist bei den Thieren von der ersten Häutung an quergeringelt und zwar kommen etwa 50 bis 80 Ringe auf die ganze Körperlänge. Bei schräger Einstellung erkennt man deutlich, daß jeder Ring aus dicht bei einander stehenden kegelförmigen Warzen gebildet ist, wie dies Fig. 7 andeuten soll. Die Ringelung des Körpers geht bei den eiförmigen Thieren auf der Bauchseite bis an den Ge-

schlechtsapparat; auf dem Rücken ebenfalls nur soweit, daß die tiefste Stelle des (von der Rüsselspitze aus gesehen) concaven Bogens in gleicher Höhe mit dem Ende der Hautklappe liegt, welche auf der Bauchseite den Genitalapparat deckt. Dadurch entsteht auf dem Rücken ein plattes, an zwei Stellen ein wenig in die Höhe gezogenes Chitinschild [1]), das nach dem Kopfende zu sich in den vorerwähnten, den Rüssel deckenden abgerundet dreieckigen Fortsatz verlängert. Auf den zwei in die Höhe gezogenen Stellen des Chitinschildes stehen die beiden Schulterborsten. Diese Decke habe ich bei den walzenförmigen Thieren bisher nicht finden können.

Unter der geringelten Chitindecke scheint sich eine zellige innere, äußerst zarte Auskleidung zu befinden. Die Zellen sind durch gegenseitigen Druck eckig geworden und zeigen, wenn ich nicht irre, einen Kern. Vielleicht sind es Fettzellen, da sie sich durch Ammoniak lösen. Am deutlichsten erkennbar zeigten sich diese Fettmassen an denjenigen Körperstellen, die keine Querringelung hatten.

Der Geschlechtsapparat besteht bei beiden Formen des Thieres aus einer nach unten sich öffnenden, etwa planconvexen Hautklappe an dem Bauche, unmittelbar unter dem hintersten Beinpaare. Bei den walzenförmigen (weiblichen) Thieren ist der untere äußere Umriß ein einfacher Halbkreis, der an seiner Befestigungsstelle beiderseits etwas vorgezogen ist, so daß die Form der Klappe etwa einer halben, längs durchschnittenen Citrone gleicht (Fig. 6 g). Bei der spitzeirunden (männlichen) Form ist diese Hautklappe meist zweilappig.

Die Ansatzstelle derselben ist weniger scharf markirt als bei dem walzenförmigen Thiere, bei welchem allein deutlicher einige Einzelheiten beobachtet werden konnten. Der Theil des Körpers, welcher zwischen der Ansatzstelle der Klappe und der Einfügungsstelle der Hinterbeine liegt, ist etwas ausgebaucht und wellig quergestreift bis zu den Hinterbeinen. Bei der Flächenansicht erscheint dieser Theil wie eine zweite obere Klappe und die Ansatzlinie der unteren kann man dann für die Berührungsfläche beider Klappen halten. Bei den auf einer Seite liegenden Thieren glaube ich mich aber von der Anwesenheit nur einer einzigen nach unten sich öffnenden Klappe überzeugt zu haben. Bei den walzenförmigen Thieren zeigt sich der innere Geschlechtsapparat als eine in der Regel geschlossene, bisweilen biconvexe geöffnete Längsspalte (Fig. 6 sp), die sich bis zur querovalen Form erweitern kann. Diese Längsspalte ist von einer starken Leiste, einem Muskelringe umgeben, der zum größten Theil von dem geringelten, als scheinbar obere Klappe bezeichneten Körpertheil gedeckt wird. Die Längsspalte erstreckt sich im geschlossenen Zustande in der Mittellinie des Thieres bis zu der Körperhöhe, wo auf den Hinterfüßen die Hüftborsten entspringen. Der obere nicht immer deutlich erkennbare Muskelbogen, welcher die vagina begrenzt, geht von zwei kegelförmigen, geschweiften

1) Zweimal sah ich dieses Schild an seinem hinteren Rande gespalten, wie die Fig. 4 cb, ein von der Bauchseite gezeichnetes Thier, durchschimmern läßt. Möglicherweise ist diese Spaltung aber auch durch den Druck auf das in Kalilauge liegende Thier entstanden.

Fleischwarzen (Fig. 6 w) aus, welche auf ihrer Spitze, wie es mir scheinen will, eine Oeffnung, vielleicht das Ende eines Ausführungsganges, haben.

Sehr schwierig zu erkennen ist der Speisekanal; derselbe erscheint als die Fortsetzung einer engern Röhre (Fig. 6 spr), die am Kopfe in einen muskulösen Ring endigt, nach hinten zu, kurz vor der Gegend der Geschlechtsorgane sich erweitert, als weiter, kaum erkennbar begrenzter Sack unterhalb der Genitalien wieder sichtbar wird, sich in der Gegend des letzten Körperdrittels einmal einschnürt und von da sich allmälig als deutlich längsfaltiges Organ verengt, um an der Aftermündung, wie ich glaube, wieder mit einem muskulösen Ringe zu schließen (Fig. 4 dk). Ueber den Genitalien habe ich diesen Sack noch nicht erkennen können, vermuthe aber, daß man bei Auffindung passender Reagentien hier noch mehrere Organe finden wird.

Der Speisekanal nähert sich mehr der Rückenfläche des Thieres, während der Eierstock die Bauchseite einnimmt. Eine Beschreibung des letzteren Organs vermag ich nicht zu geben, da ich denselben im Innern des Thieres nicht erkannt habe. Bei zwei lebenden Thieren gelang es, ein entwickeltes und ein weniger entwickeltes Ei aus der vagina herauszupressen; das letztere erschien umschlossen oder wenigstens im Zusammenhange mit einem röhrenförmigen, sich nach hinten etwas erweiternden, sehr fein quergestreiften, einmal oder zweimal knotig angeschwollenen Organ, das sich in der Körperhöhlung verlor. Dieses Organ betrachte ich als Eierstock.

Daß die runden, mit grauem undurchsichtigem, körnigem, meist fetthaltigem Inhalte versehenen Körper, die in zahlreichen walzenförmigen Thieren und noch zahlreicher neben solchen Thieren im Mai sowohl auf den Blättern von Pirus (die freien Eier im Innern des Blattes), als auch (von wahrscheinlich anderen Arten) in den verbildeten Knospen von Corylus und in den Nagelgallen, sowie in den umgeschlagenen Blatträndern von Tilia aufgefunden wurden, wirkliche Eier sind, dürfte daraus hervorgehen, daß neben denselben die jungen Thiere beobachtet worden sind. Einmal sah ich ein solches junges Thier, dessen eine Längshälfte des Körpers noch von einer Haut umschlossen war, der graukörnige, in Ammoniak lösliche Masse anhing. Von der Umwandlung des Ei-Inhalts ist nur die obenerwähnte Form gefunden worden mit gleichmäßig lichtbrechendem, von der Wandung etwas zurückgezogenem gefurchtem Inhaltskörper.

Die jungen Thiere, die frei im Innern der Blattgalle liegend gefunden wurden, sind wenig größer, als ein großes Ei, stark lichtbrechend, noch nicht braun gefärbt und noch nicht quergeringelt, aber sonst wie die älteren Thiere gebaut. Man bemerkt schon den starken, an der Spitze knopfförmig verdickten Nagel, die Borsten an den letzten Beingliedern, die Knieborsten der Vorderbeine, die zwei peitschenförmigen Schwanzborsten, die hier halb so lang wie das Thier sind und zwischen ihnen die zwei kurzen starren Borsten. Der Rüssel ist ebenfalls aus zwei Palpen gebildet, deren Rand verdickt erscheint.

Von diesem Zustande aus macht das Thier noch im Innern des Birnblattes mehrere Häutungen durch, wobei es sich allmälig vergrößert. Daher findet man verschiedene Größen häufig bei einander, namentlich die von 0,09 — 0,13 Mm. neben den abgestreiften Häuten. Die größeren Exemplare erhält man bei dem Abschütteln der Blätter auf den Objektträger. Bei solchen gelingt es durch Behandlung mit schwachem Alkohol Zustände zu erhalten, die der natürlichen Häutung sehr nahe kommen dürften. Es zieht sich dann der Kopf aus seinem Hautskelett heraus, indem die Milbe sich zusammenzieht, so daß innerhalb des ursprünglichen Thieres ein neuer Kopf sichtbar wird. Auch das Afterende zieht sich von der alten Haut zurück, die nur eine kurz geschlossene Längsspalte an Stelle der Afteröffnung zeigt.

Wahrscheinlich zieht sich das Thier im Leben ebenso zusammen und dehnt sich mit vermehrter Gewalt aus, bis die alte Haut abgesprengt ist. In dieser alten Hülle bleiben sämmtliche Borsten zurück; die neuen liegen dem Körper angeschmiegt schon fertig unter der abzustreifenden Haut.

Wie oft ein Thier sich häutet, bis es geschlechtsreif wird, ist unbekannt; es dürfte jedoch kaum zu oft geschehen, da man schon ziemlich kleinen Exemplaren mit reifen Eiern begegnet. Es fanden sich z. B. unter den Thieren auf den Linden und auf Birnen geschlechtsreife Exemplare von 0,15 Mm.

Die Thiere sind das ganze Jahr hindurch zu finden. Im Laufe des Sommers, vom Monat Mai ab, finden sich die verschiedenen Altersstufen, welche nur durch ihre Körperlänge variiren, im Innern der Blattgallen und gleichzeitig laufen geschlechtsreife walzenförmige Exemplare auf der Blattunterseite frei umher. Im Winter habe ich dieselben in Knospen von Zweigen gefunden, die kurz vorher eine Kälte von 18° R. ausgehalten. Nachdem die Knospen einen Tag im Zimmer waren, zeigten bereits einzelne Thiere eine träge Bewegung. Sie scheinen überhaupt sehr zähes Leben zu haben, denn Exemplare, welche 20 Stunden in verdünntem Glycerin gelegen, bewegten noch die Beine. Die Bewegung ist trotz des scheinbar unpraktischen Baues eines langen Hinterleibes zu den vier unterhalb des Kopfes stehenden Beinen eine ziemlich schnelle. In der Regel laufen die Thiere in gerader Richtung, wobei sie das Schwanzende nachziehen; bei einer Wendung bedienen sie sich häufig des Afterendes, das in der Ruhe seitlich nach unten geschlagen ist, als Stütze. Je nach dem Bedürfniß ist das Spiel der Beine ein wechselndes. Bald heben sich die beiden Vorderbeine und dann die Hinterbeine gleichzeitig, bald das rechte Vorderbein und zugleich das linke Hinterbein. Die meisten geschlechtsreifen Thiere fanden sich im Mai und Anfang Juni. Begattung und Eierlegen erfolgt also die ganze warme Jahreszeit hindurch, ist jedoch im Frühjahr am häufigsten. Bei der Begattung legt sich das Männchen mit dem Bauche auf den Bauch des Weibchens; ich schließe dies aus zwei beobachteten Fällen, in denen ein kürzeres dunkleres Thier auf einem längeren lag, dessen vagina weit geöffnet, einmal fast kreisrund, das zweite Mal queroval erschien. Der Versuch, die Thiere durch Rollen und Drücken unter Deckglas von einander

zu bringen, gelang nur einmal, wobei aber auch das männliche Glied wahrscheinlich in der vagina stecken blieb und eine fadenziehende, von fetthaltigem Körperinhalt umgebene Masse aus dem Männchen herausgerissen wurde. Der Bau des männlichen Organs ist mir daher nicht deutlich geworden. Ich halte es für ein dickwandiges kegelförmiges Rohr, dessen äußerste Spitze ein wenig angeschwollen ist. In einigen Fällen schien es mir, als läge unter der in der Längsrichtung punktirten Klappe ein kurzer steifer, nach oben gerichteter, cylindrischer Körper, dessen Basis sich plötzlich sackartig erweiterte. Mehr als zwei Eier habe ich gleichzeitig in einem Thiere nicht mit Gewißheit unterscheiden können. Das der vagina zunächst liegende war das ausgebildetste und nahm fast die ganze Körperdicke ein. Bei einer Breite des Thieres von 0,042 Mm. in der Gegend des Geschlechtsapparates und einer Länge von 0,15 Mm. hatte der Körper unter der vagina an der Stelle, welche das reife Ei enthielt, eine Breite von 0,038 Mm. und das hier kreisrunde Ei einen Durchmesser von 0,032 Mm.

Die jüngeren Thiere scheinen in der Galle zu verbleiben und von dem Inhalte der dünnwandigen Parenchymzellen des Blattinneren zu leben, bis dasselbe braun bis schwarz wird und abstirbt. Um diese Zeit verläßt eine Anzahl der Thiere den schützenden Aufenthalt durch die im Verhältniß zur Körperbreite große Ausgangsöffnung auf der Blattunterseite. Die überwinterten Milben bohren mit ihren Mandibeln die Epidermiszellen an, wenn das Blatt noch in der Knospe oder eben erst aus derselben herausgetreten ist. Die angebohrte Zelle stirbt [1]), wobei ihre sehr dünne Membran zerreißt; unterdeß dehnen sich die übrigen Epidermiszellen passiv weiter durch die Ausdehnung des darunter liegenden Parenchyms, das an dieser Stelle vom Drucke der sonst gespannten Epidermis befreit, senkrecht zur Blattfläche in die Höhe wächst, die Epidermiszellen in der Umgebung der Verwundung in die Höhe treibt und auf diese Weise die pustelförmige Erhabenheit erzeugt. In den meisten Fällen wird nicht nur die Epidermis, sondern auch eine größere Anzahl der unmittelbar unter dieser liegenden Zellen in die Höhe gehoben, wobei man in einigen Zellen den protoplasmatischen Inhalt kugelig geballt sieht. Später findet man in dieser Zellschicht den rothen Farbstoff häufig in soliden Kugeln, während er in den Epidermiszellen als gefärbter Zellsaft auftritt, aus dem bei Einwirkung von Wasser nicht selten ein blau-körniger Niederschlag erfolgt. Durch diese Zellschichten vorzugsweise, aber nicht ausschließlich, wird die rothe Färbung des milbenführenden Blattes bedingt. Es giebt viele Fälle, in denen das ganze Blattgewebe von der Unterseite beginnend bis zur Oberseite hin durch die Verletzung der Milben alterirt wird. Dann ist die Epidermis der Oberseite ebenfalls blasig aufgetrieben, wie schon oben erwähnt, und bei vielen Birnenvarietäten roth gefärbt. In sehr stark erkrankten Blättern erscheint bisweilen die halbe Oberseite roth. Auch hier erstreckt sich die rothe Färbung vorzugsweise auf die Epidermiszellen; im Blattinneren

1) Vergleiche Anmerkung S. 170.

auch auf die unmittelbar unter der Epidermis liegenden Parenchymzellen und die Gefäßbündelscheide. Die an Chlorophyll reichen Zellen sind selten gefärbt.

Da ich an sehr jugendlichen Blättern nur meist kleine Eingangsöffnungen gesehen und in den Querschnitten keine Eier aufgefunden, so vermuthe ich, daß die ersten Anfänge der Gallen durch den Stich der überwinterten Milben entstehen. Erst dann, wenn die Galle durch das Blattwachsthum sich ausdehnt und die Eingangsöffnung größer wird, dürften die Milbenweibchen hineinwandern und ihre Eier ablegen.

Die Ueberwinterung der Thiere geschieht in den Laub- und Blüthenknospen der einjährigen Zweige. Die schon gebräunten, nur noch an ihrer Basis fleischig angeschwollenen und grün- oder rothgefärbten äußeren Knospenschuppen tragen auf ihrer Innenseite einen dichten reichen Filz schon gelbwandig gewordener Haare. Zwischen diesen liegen die Thiere, die mit ihrem Kopfe häufig an einer Epidermiszelle oder einem Haare, wahrscheinlich vermöge der Mandibeln, fest haften, in Colonien bis 'zu 17 Stück. Die Beine sind dann aufgestützt, der Rüssel nach unten gerichtet, die denselben bildenden Palpen etwas schräg nach oben gezogen, die Mandibeln dadurch 0,008 Mm. bloß gelegt. Der Vorderkörper ist dabei durch eine starke Furche von dem geringelten Theile getrennt, weil wahrscheinlich der gekrümmte Schwanztheil bei dem Anbohren aufgestemmt wird.

Ueber die geographische Verbreitung der Krankheit läßt sich vorläufig nur sagen, daß sie von Scheuten in Bonn, Harlem und Amsterdam beobachtet worden ist; ich habe Material aus Ostpreußen, Brandenburg und Schlesien, München und Wien vor mir, Thomas beobachtete sie bei Gotha.

Die Krankheit ist nicht neu. Sie wurde im Jahre 1857 in Troschel's Archiv für Naturgeschichte, Jahrg. 23. Bd. I. S. 104 von A. Scheuten in Bonn beschrieben; auch die Milbe in ihren beiden Formen abgebildet. Die Beschreibung von Scheuten hat durch die vorliegende einige Erweiterungen und Berichtigungen erfahren; die Abbildungen sind durch genauere ersetzt worden.

Die Größenverhältnisse stimmen bei Scheuten mit den oben erwähnten überein; die nächste Abweichung unserer Beobachtung liegt in dem Afterende, das Scheuten als stumpf, mit zwei langen Borsten endigend beschreibt. Wenn man das Thier in seiner natürlichen Lage beobachtet, erscheint die Scheuten'sche Angabe als richtig; wenn man dagegen durch Rollen unter Deckglas das nach unten umgeschlagene Körperende zur Ansicht bringt, erkennt man, daß dasselbe zweilappig und ausstülpbar ist und eine Art Saugnapf bildet, wie ihn Dujardin in den Annal. d. scienc. nat. 1851. t. XV. 3 ser. p. 166 als „ventouse“ bei seinen auf Linde und Haselnuß beobachteten Milben beschreibt. Für diese Thiere, die den Birnenmilben sehr ähnlich und darum hier mit in Vergleich gezogen werden, führt Dujardin den Namen „Phytoptus“ ein „pour exprimer qu'il est véritablement et exclusivement parasite des végétaux vivants“. — Ein weiterer Unterschied findet sich bei den Beinen. Dujardin und Scheuten geben die Beine als 5gliedrig an, wogegen ich 6 Glieder beobachtet zu haben glaube. Die Abbildungen, welche Dujardin a. a. O. pl. 3 Fig. 14 giebt, scheinen mehr für meine Beobachtung als für seine eigene Angabe zu sprechen. Die Beine endigen mit einem Nagel, der nach Scheuten abgestutzt ist und unter sich eine starre steife Borste hat. Diese Angabe ist bestimmt irrig.

Der Nagel gleicht dem, den Dujardin beschrieben; seine Spitze ist knopfförmig verdickt. Die darunter liegende Tarse ist nicht borstenförmig, sondern eher wie Dujardin angiebt „un petit appendice en forme de pinne". Ob der Nachsatz richtig ist „ayant trois laciniures de chaque côté" scheint mir nicht vollkommen zweifellos. Fast immer sieht man die gefiederte oder gefingerte Tarse von der Seite. Dann erkennt man allerdings ein Endfiederchen und drei Seitenfiederchen. Bei der Flächenansicht jedoch schien es mir, als wären nur fünf abwechselnd stehende Fiederchen im Ganzen vorhanden.

Den Schnabel beschreibt Scheuten als einen abgestutzten Kegel, der eine Saugröhre enthält. Dugès nennt den ganzen Schnabel suçoir und beschreibt denselben in den Annales d. sc. nat. seconde série t. II. 1834. p. 105: „que le suçoir conique est flanqué de deux palpes gros court, appendiculés, semblables à ceux du Tétranyque"; Dujardin spricht von einem museau . . . . . . et se compose d'une sorte de chaperon conique recourbé et tronqué à l'extrémité; il recouvre la lèvre inférieure à laquelle sont soudés les palpes latéraux et qui . . . . . doit contenir le suçoir; mais je n'ai pu voir de mandibules ou chélicères modifiées. Diese Beobachtungen, sowie auch die später zu besprechenden von Landois stimmen mit den meinigen nicht überein; ich muß behaupten, daß der Rüssel durch zwei getrennte, oben beschriebene Palpen[1]) gebildet ist. Das von den Autoren angegebene Saugrohr halte ich mit Landois für zwei klingenförmige, scheerenartig über einander greifende Lamellen.

Scheuten ist ferner im Irrthum, wenn er sagt: „Die Milbe legt ihre Eier nicht in das gesunde Blatt, wodurch die Galle entsteht, sondern in den vorgefundenen Schimmel oder in eine Galle, wie sie es gerade vorfindet." Die larvenbergenden Auswüchse sind nach Scheuten keine Gallen, sondern „wahrscheinlich schimmelige Produkte." Für mich ist es zweifellos, daß der Phytoptus sowohl auf den Birnblättern, als auf der Linde die Gallen erzeugt und zwar durch Anbohren der Epidermiszellen in sehr frühem Entwicklungsstadium des Blattes. Zu dieser Zeit sind die überwinterten Thiere meist noch nicht geschlechtsreif. Während die Galle sich ausbildet, bilden sich die Eier in den weiblichen Exemplaren aus, die nun die Brutstätten aufsuchen, die bei den Birnen durch das auswachsende Parenchym des Blattinneren gebildet werden.

Bei der Linde herrscht eine eigenthümliche, mir nicht erklärbare, Mannigfaltigkeit in der Vertheilung der durch Phytoptus erzeugten, bekanntlich sehr verschiedenartig auftretenden Gallenbildung. In den Anlagen des hiesigen pomologischen Institutes waren bei den (jugendlichen) Exemplaren die Blätter auf ihrer Unterseite mit den rostfarbenen Flecken besetzt, die durch die zu charakteristischen Haaren auswachsenden Epidermiszellen gebildet worden. In diesem Haarfilz finden im Mai und Juni sich Eier und Larven nur sparsam im Verhältniß zu den Gallen, welche an denselben oder andern Blättern desselben Baumes dadurch gebildet werden, daß sich der Blattrand verdickt und nach unten einrollt, etwa wie es bei Adiantum die Fiederchen des fruktifizirenden Wedels thun[2]).

Hier finden sich große Colonien von Milben jeglicher Entwicklung, ebenso wie in den bekannten Nagelgallen. Das Eigenthümliche ist, daß die letzteren in der ganzen Anlage nicht

---

1) Darin glaube ich in Uebereinstimmung mit Pagenstecher zu sein, dessen Beobachtungen, wie die von Dugès, an Phyt. tiliae vorzugsweise gemacht worden sind. Phyt. tiliae u. coryli stimmen aber mit Ph. piri fast ganz überein. Pagenstecher sagt in den Verh. d. naturh.-med. Vereins zu Heidelberg. Bd. III. p. 153 (13. Mai 1864): „Der Mundkegel ist unter dem Vorderrande des Rückens angesetzt. An der Unterseite ist das Kinn (innerer Maxillarlappen von beiden Seiten verschmolzen) spitz vorgezogen. Zu seinen Seiten liegen die wenigstens 3 deutliche Glieder zeigenden Maxillartaster, gestreckt und in eine starke Borste endend, zwischen ihnen das Mundrohr, in welchem weitere Organe nicht deutlich wurden."

2) Thomas in Ohrdruf beobachtete auch an Birnblättern solche durch Phytoptus verursachte Einrollungen des Blattrandes (Schweizerische Milbengallen). [Separatabdruck d. Verhandl. der St. Gallischen naturw. Gesellschaft 1870—71.]

zu finden waren, dagegen an den ¼ Meile entfernten großen Bäumen von T. grandiflora Ehrh. in Masse auftraten.

Endlich bleibt die Angabe Scheuten's zu berichtigen, daß die vierbeinigen Exemplare nur Entwicklungsstadien von achtbeinigen Milben seien. Durch das Auffinden der Eier in den vierbeinigen Thieren dürfte diese Behauptung widerlegt sein.

Man hat die Gallen, welche durch Phytoptus auf den verschiedensten Pflanzen hervorgerufen werden, häufig als Pilze beschrieben oder, wie Scheuten, dieselben mit Pilzen in Berührung gebracht. Die von Phytoptus hervorgebrachten Filze cylindrischer, an der Spitze gekrümmter, stumpfer Haare bei Tilia z. B. finden sich als Erineum tiliaceum bei Pers. (syn. meth. Fung. p. 700), bei Wallroth (fl. crypt. II. p. 130), bei Kunze, Link, Nees ꝛc. beschrieben; als Phyllerium tiliaceum bei Fries, Rabenhorst ꝛc. angegeben. Dieselben Autoren sprechen auch von einem Erineum oder Phyllerium pyrinum auf Aepfeln und (nach Rabenhorst) verwandten Bäumen. Den vorliegenden Beschreibungen nach hat es mit den Gallen der Birnen keine Aehnlichkeit. Möglich ist, daß Phytoptus auch die Aepfel heimsucht, doch ist bis jetzt nach den gediegenen Beobachtungen und Zusammenstellungen von Thomas in Ohrdruf (Zeitschrift f. d. gesammte Naturwiss. Bd. 33 Jahrg. 1869 und Bd. 39 Jahrg. 1872 ꝛc.) noch keine Phytoptus auf Pirus Malus gefunden worden. Dagegen kommt bisweilen auf dem von Phytoptus veränderten Birnenblatte die Taphrina bullata Tul. (Gymnosporium b. Berk. Oidium b. B. Br. Ascomyces bullatus und Ascosporium bullatum Berk.) vor. Diese Taphrina, welche wegen ihrer achtsporigen Schläuche wohl zu dem von de Bary und Fuckel als genus aufgestellten Exoascus zu rechnen ist, hat mit dem Phytoptus keinen Zusammenhang. Die weitbauchigen, hellgrünen bis gelblichen Auftreibungen lassen sich auch leicht von den Milbengallen, selbst wenn beide Gebilde dicht neben einander vorkommen, unterscheiden. Ein gleichzeitiges Vorkommen von Phytoptus und Exoascus an einem Triebe hat auch Thomas (Schweizerische Milbengallen 1872 p. 10) an Rhododendron hirsutum L. beobachtet.

Weit eher zu verwechseln sind die bereits schwarz gewordenen älteren Phytoptus-Gallen der Birnenblätter mit den schwarzen Flecken, welche ein Pyrenomycet auf denselben hervorbringt. Nach Abbildung und Beschreibung stimmt derselbe, soweit sich nach den sehr charakteristischen, meist viertheiligen, mit einer langen steifen Borste versehenen Stylosporen urtheilen läßt, mit Morthiera Mespili (DC) Fkl. (Xyloma Mespili DC. Fl. fr. VI. p. 158) überein (siehe Fuckel symb. myc. 1869/70 p. 382). Größe und Form, sowie die im jugendlichen Stadium oft rothe Umrandung der Flecken ist beiden gemeinsam; dagegen unterscheiden sich die Phytoptus-Gallen von jenem, in den letzten zwei Jahren sehr verbreiteten und verderblich auftretenden Pilze dadurch, daß sie pustelartig erhaben sind, während die Pilzflecken dem bloßen Auge glatt erscheinen. Beide Krankheiten kommen zwar an denselben Bäumen vor, jedoch ist bemerkenswerth, daß Morthiera sich vorzugsweise und zuerst die Wildlinge von Birnen aussucht, dagegen die Milbe weiche Kulturvarietäten zu lieben scheint.

Fast gleichzeitig mit der Scheuten'schen Arbeit erschienen die Untersuchungen von Pagenstecher in den Verhandlungen des naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg vom 26. Juni 1857. Aus der werthvollen Arbeit, welche sich mit den Milben auf Birne, Weinstock, Faulbaum und speziell der Linde beschäftigt, hebe ich nur diejenigen Punkte von Phytoptus piri hervor, über welche ich eine abweichende Ansicht erlangt habe[1]). Pagenstecher sagt a. a. O. p. 49: „Während es zulässig erscheint, in diesen Vegetationen (bei Linde, Wein und Faulbaum) nur krankhaft veränderte Zellen der Wohnpflanze selbst zu sehen, welche gleich den Haaren frei auswachsen und die vorfindlichen Sporen, falls die erwähnten Körperchen deren in der That sein sollten, für eine zufällige Beimischung zu halten, *sind die Sporen und heranwachsenden Pilze das Wesentliche an den kranken Birnenblättern.*

1) Die Mehrzahl der von Pagenstecher gemachten Beobachtungen kann ich bestätigen.

Auf den schwarzen Flecken, ebenfalls von der Unterseite dieser Blätter ausgehend, finden sich Vegetationen jenen Byssusfäden vergleichbar durchaus nicht. Dagegen finden wir spindelförmige oder ovale Sporen in allen Stadien des Auswachsens zu Pilzfäden."

Ich kann nur wiederholen, daß die Milbengallen in keiner andern Beziehung zu Pilzen stehen, als in der des gesellschaftlichen Vorkommens. Die Vermuthung eines genetischen Zusammenhanges ist sehr naheliegend, wenn man Gallen von Birnbäumen untersucht, die von der Septoria nigerrima Fuck. F. rh. (Sphaerella sentina (Fr.)Fuck. symb. myc. p. 104) stark heimgesucht werden. Hier finden sich Pilze und Milben sehr häufig gemeinschaftlich vor. Die Beobachtungen im Frühjahr zeigen aber, daß die Gallen viel früher da sind, als der Pilz.

Aus der sehr ausführlichen Arbeit von H. Landois („Eine Milbe, Phytoptus vitis, als Ursache des Traubenmißwachses" in Zeitschr. f. wiss. Zool. von Siebold u. Köllicker. 1864. S. 353) entnehme ich einzelne Stellen zum Vergleich mit den obigen Beobachtungen. Die Bildung der Galle übergehe ich, da den Beschreibungen derselben von Landois und Röse in Bot. Zeit. 1866. Nr. 38 die Beobachtungen von Thomas (Bot. Zeit. 1872. Nr. 17) und mir gegenüberstehen. Die Differenz in der Größe zwischen der Wein- und Birnenmilbe halte ich für unwesentlich, da der Unterschied erstens nicht groß ist und jedenfalls Schwankungen um die angegebenen Durchschnittsmaße vorkommen. Der Kopf ist bei der Weinmilbe vom Thorax zwar nicht durch eine Gliederung getrennt, aber die Trennung durch eine Furche angedeutet. Dasselbe läßt sich von der Birnenmilbe sagen. Bei beiden Arten ist der Kopf von einem Chitinschilde bedeckt und beide zeigen klingenförmige Mandibeln. Landois giebt an, daß der Kopf in ein Saugrohr vorgezogen ist; ich glaube, daß es auch hier die Palpen sein werden, die ein Saugrohr täuschend nachahmen. Die Weibchen sind auch hier länger als die Männchen. Eine größere Differenz scheint bei den Beinen aufzutreten. Landois beschreibt 2 Paar ausgebildete Beine und 2 Paar Beinstummeln. Die Zeichnung (Taf. XXXI. Fig. 12) zeigt die Beine da, wo ich die geschweifte oder bei den Männchen gelappte Genitalklappe sehe. Da dieselbe über die Bauchfläche etwas vorspringt und unter derselben sich bei Phyt. piri 2 Borsten finden, so glaubte auch ich zuerst, Beinstummel annehmen zu müssen, bin aber durch weitere Beobachtung zur Annahme geführt worden, daß es eine Klappe ist, die die Geschlechtsöffnung deckt. Ich glaube auch für Phyt. vitis diese Deutung des fraglichen Organs annehmen zu können, zumal es mir nicht wahrscheinlich ist, daß bei der letzten Häutung der Thiere noch Organe angelegt werden, die sich nie entwickeln. Auch für die Zahl der Beinglieder, die Landois auf 3 angiebt, dürfte eine Einigung nicht unwahrscheinlich sein, da Phyt. vitis außer einem kurzen ringförmigen Gliede (coxa) an der Einlenkungsstelle in den Thorax noch einen femur und eine tibia besitzt, welche je 2—3 ringförmige Einschnürungen zeigen, so daß die Beine ein knorriges Aussehen erhalten. Wenn man die Theile zwischen je 2 Einschnürungen für Glieder ansieht (wie ich bei Phyt. piri), erhält man auch ein 6gliedriges Bein. In dem Tarsengliede würden sich die beiden Thiere unterscheiden. Bei Phyt. vitis sollen an einer Mittelborste je 5 Seitenborsten stehen. Soviel stehen bei Phyt. piri bestimmt nicht. In der Anzahl der Hinterleibsringel hat sich Landois sicher geirrt, da er 120 Ringe von je 0,0013 Mm. angiebt; dies würde für den Hinterleib allein eine größere Ausdehnung geben, als nach dem Verfasser das ganze Thier messen soll. Die Beschreibung des Afters kann ziemlich für beide Thiere gelten. Die Borsten können nicht zum Vergleich herangezogen werden, weil Landois denselben weniger Aufmerksamkeit gewidmet zu haben scheint. Ueber den inneren Bau des Thieres erlaube ich mir noch kein Urtheil; ich glaube, wir haben es trotz der angegebenen Differenzen mit zwei sehr nahe verwandten Arten zu thun.

Nach den in 3 auf einander folgenden Jahren gemachten Beobachtungen zeigen sich folgende Varietäten besonders befallen:

Weiße Herbst-Butterbirne.
Holzfarbige Herbst-Butterbirne.
Liegels Winter-Butterbirne.
Beauchamps Butterbirne.
Passe Crassane.
Edel-Crassane.
Muscirte Argenson.
Alice Baltet.
Bergamotte Hertrich (leidet auch stark an Morthiera).
Vereins-Dechantsbirne.

Ein Ankämpfen gegen diese Milben, welche bei sehr reichlichem Auftreten durch Tödtung größerer Parthieen von Blattsubstanz das Gesammtbefinden des Baumes beeinträchtigen, ist nur dann gerathen, wenn es sich um Formenbäume guter Sorten handelt. Es dürfte dann aber nur ein einziger Zeitpunkt im Jahre sein, der mit Erfolg zur Vertilgung des Uebels benutzt werden kann. Wenn man nämlich bedenkt, daß die Phytoptus piri massenhaft in den Knospen der vorjährigen Zweige überwintern (und zwar in Gemeinschaft mit einzelnen 8beinigen Milben (Typhlodromus Scheuten) und wenn man sieht, daß die Blätter noch in ganz jugendlichem Knospenzustande bei vollständig eingerollten Rändern schon von den Milben angestochen werden, so läßt sich unschwer erkennen, daß man in diesem Zeitpunkte nur die Milbe vernichten kann, wenn man die ganze Knospe ausbricht.

Dieses Ausbrechen würde sich auch auf die Gipfelknospe erstrecken müssen, die bei befallenen Bäumen in der Mehrzahl der Fälle reich an Milben ist und dadurch würde zunächst die Fortsetzung des Leitzweiges bei Formenbäumen verhindert. Ein andrer Zeitpunkt als der Anfang des Frühjahrs wird also gewählt werden müssen und dieser bietet sich bei Beendigung des Frühjahrstriebes vor Beginn des Sommertriebes. Wenn man nämlich eine größere Anzahl Zweige prüft, findet man die unteren und älteren Blätter vorzugsweise mit Milbengallen bedeckt, die später gebildeten sind häufig ganz frei davon; dies wird sich dadurch erklären lassen, daß die in den Knospen überwinterten Exemplare bei ihrem Erwachen das weiche Gewebe der bereits gebildeten, eben aus der Knospe sich hervorstreckenden Blätter anstechen. Während das Blatt sich streckt, erweitern sich die Eingänge der durch den Stich sich bildenden Gallen und die überwinterten mittlerweile geschlechtsreif gewordenen Thiere legen ihre Eier hinein, um wahrscheinlich dann zu sterben. Bevor die Eier sich entwickeln und die neue Generation heranwächst, ist der Frühjahrstrieb seinem Abschlusse nahe. Seine obersten Blätter reifen vor dem Erscheinen der neuen Milben aus. Schneidet man nun bald nach der Entfaltung dieser oberen Blätter die unteren pockigen ab, so entfernt man nicht nur eine Reihe geschlechtsreifer älterer Thiere, sondern auch die Mehr-

zahl der kommenden Generationen, ohne dem Zweige die am kräftigsten arbeitenden jüngeren Blätter zu nehmen. Falls sich bei weiterer Entwicklung des Sommertriebes die Milben trotz des Entfernens der erst gebildeten Jahresblätter wiederum zeigen sollten, muß man auch die befallenen Blätter des Sommertriebes wegnehmen.

Capitel VI.

Krankheiten durch verschiedene Ursachen mit Ausnahme von Parasiten.

§. 1. Verflüssigungskrankheiten.

I. Allgemeines.

Unter Verflüssigungskrankheiten fassen wir die aus sehr verschiedenen Ursachen herrührende Bildung von Schleim, Gummi, Harz und Wachs an Stellen des Pflanzenkörpers zusammen, an denen sonst dergleichen Produkte nicht entstehen. Es wäre irrig, die Bildung dieser Stoffe überhaupt als Krankheitsprodukte der Pflanzen ansehen zu wollen; dieselben sind vielmehr als ganz normale, regelmäßig in gewissen Alterszuständen des Pflanzentheils auftretende Resultate des Stoffwechsels aufzufassen, die so allgemein im Pflanzenreiche verbreitet sind, daß es schwer fallen dürfte, Pflanzenfamilien aufzufinden, bei denen sämmtliche dieser Produkte fehlen möchten. Wir erinnern vorläufig nur an den Salepschleim, an Quitten-, Eibisch- und Leinsamenschleim, auf welche später näher eingegangen werden soll. Ebenso normal, wie die Bildung dieser Schleime zeigt sich die Entstehung von Gummi und Harz bei der größten Anzahl von Laubknospen, die im Frühjahr namentlich durch ihre glänzenden und klebrigen Ueberzüge in die Augen fallen. Die Betrachtung dieser normalen Erscheinung, über welche Hanstein[1]) eingehende Untersuchungen geliefert hat, führt am leichtesten zum Verständniß der später zu erwähnenden krankhaften Bildungen.

Die Knospenschuppen einer großen Anzahl von Bäumen sind nämlich mit Haargebilden (Trichomen) von bald lappiger, bald bandartiger, bald keuliger oder

1) Ueber die Organe der Harz- und Schleimabsonderung bei den Laubknospen. Bot. Zeit. 1868. Nr. 43.

pyramidaler Gestalt versehen. Einzelne Zellen dieser Trichome liefern bald Gummi allein, bald Harz oder ein Gemisch beider Stoffe. Diese Stoffe benutzt die Natur, wie z. B. bei der Erle, Pappel, Kastanie als schützende Hülle für die in der Entwicklung begriffenen Knospentheile, wodurch zunächst die Verdunstung, dann aber auch der Einfluß der Luft auf ein Minimum beschränkt werden. Dieser schützende Knospenleim (blastocolla) entsteht, falls er als Gummischleim sich darstellt, aus den Amyloïden, wie Cellulose und den derselben verwandten Stoffen, welche die Zellwand bilden. Die zu Schleim aufquellenden Schichten der Zellwand bilden eine mittlere Lage (Collagen- oder Quellschicht) unter der Cuticula und wenn diese Gummibildung einmal begonnen, beschränkt sie sich bei solchen kurzlebigen Haarorganen, deren Funktion mit der Entfaltung der Knospe erlischt, auch nicht mehr auf die Collagenschichten der Wandungen, sondern sie ergreift in der Regel später die ganze Zellwand sammt dem von ihr umschlossenen Zellinhalte. Vorgänge dieser Art sehen wir bei dem schwarzen Hollunder (Sambucus), dem Schneeball (Viburnum) und den Stachelbeerarten (Ribes).

In denjenigen Fällen, in denen der Knospenleim vorzugsweise aus Harz besteht, ist dasselbe im Innern der Zellen der Knospenleim liefernden Organe oder Zotten (Colleteren) vorhanden; aber auch die Zellwandung zeigt eine starke Harzbildung, wie sich am Flieder (Syringa), an der Hainbuche (Carpinus) und an der Azalea beobachten läßt. Hier tritt das Harz zuerst an den Fugen der einzelnen Sekretionszellen als schmales, allmälig breiter werdendes Band zwischen der Cuticula und Cellulosehaut auf, was darauf hinweist, daß die wandverdickenden Stoffe, welche in irgend einer anderen Form hierher gewandert, sich nun erst an Ort und Stelle zu Harz umbilden. Ein schönes Beispiel gemeinschaftlich auftretender Harz- und Gummibildung liefern die Kirschen an den Leimzotten, welche an den Zähnen der Nebenblätter auftreten. Dieselben sind zuerst mit einem Harzüberzuge versehen und dieser wird durch eintretende Gummibildung später in die Höhe gehoben.

Harz und Gummi treten in der gesunden Pflanze nicht blos als Zellinhalt und in der Zellwandung, sondern auch sehr reichlich in besonderen Gängen auf, von denen N. J. C. Müller[1]) nachweist, daß sie wirkliche Intercellulargänge sind. Bestimmte Zellengruppen weichen aus einander; die den entstandenen Gang umkleidenden Zellen bilden Tochterzellen, deren regelmäßige Anordnung eine charakteristische Auskleidung der Gänge (echte Harzgänge) darstellt. So zeigt z. B. unsere Fichte in den jüngsten Spitzen den Anfang des Harzganges als einen Intercellulargang, der dadurch entstanden ist, daß 4 größere Rindenzellen aus einander weichen, wobei sie die umgebenden zusammendrücken. Jede dieser vier Grenzzellen des neu entstandenen Zwischenzellraumes erscheint später durch eine radiale Scheide-

1) N. J. C. Müller: Untersuchungen über die Vertheilung der Harze, ätherischen Oele und Gummiharze ꝛc. Pringsheim's Jahrbücher f. wiss. Bot. 1866—67. S. 387.

wand getheilt. In den so entstandenen 8 Tochterzellen treten nun wieder Tochterzellen auf, deren Wandungen die ursprünglichen Zellen tangential in mehrere theilen, und so ist jetzt der charakteristische Zellenkranz entstanden, welcher den fertigen Harzgang auskleidet. Dieselbe Bildung findet bei den Kiefern und eine ähnliche bei den das Mastixharz liefernden Therebinthaceen statt. Die Zellen der Umgebung eines solchen Harzganges zeigen schon tropfenförmiges Harz in ihrem Innern, bevor noch die einzelnen Harzgänge dasselbe aufweisen. Auch die Markstrahlzellen zeigen Harztröpfchen und daneben kleinkörnige Stärke, welche auch in anderen Geweben vorkommt und von denen zur Ruhezeit des Baumes sich einzelne Körnchen mit Harzüberzug erkennen lassen.

Die Harzbildung, so wenig wie die Gummibildung, sind an bestimmte Gewebe gebunden. So findet man Harz und Gummi (und Oel) in kleinen Tropfen in Markstrahlen, im Kork, in Holzzellen, Gefäßen und selbst im cambialen Gewebe.

Nicht so verhält es sich mit der uns überall entgegentretenden Wachsbildung im Pflanzenreiche. Wir finden das Wachs als Ueberzug der meisten der Luft ausgesetzten Pflanzentheile, die noch eine unverletzte Epidermis haben. Durch den Wachsüberzug werden die Früchte und Blätter vor der direkten Einwirkung des Wassers geschützt. Wie Karsten[1]), Wigand[2]) und Uloth[3]) schon früher nachgewiesen, ist das Wachs nicht als Zellinhalt zu finden, sondern es tritt in der Zellmembran auf und zwar entsteht es, wie das Harz und Gummi, an den Orten in der Membran, wo es sichtbar wird, und wandert nicht. Wie de Bary[4]) später bekannt gemacht, findet es sich sowohl als Einlagerung in der Cuticula und den Cuticularschichten als auch in Form einer stäbchenförmigen oder körnigen Auflagerung auf diesen Schichten. Bevor der Wachsüberzug äußerlich auf den Epidermiszellen wahrnehmbar wird, zeigt sich bereits die Einlagerung in den Cuticularschichten und eine solche Einlagerung von Wachs findet auch bei denjenigen Oberhautzellen statt, die überhaupt sich niemals mit einem wahrnehmbaren Ueberzuge bedecken.

Dem Wachsbildungsprozesse ähnlich, scheint nach Karsten eine allgemein verbreitete Zuckerbildung auf den Narben und den Nektarien der Blumen vor sich zu gehen. Nach Jürgens[5]) ist der Honig der Nectarien wesentlich als der Inhalt von Gruppen kleiner Zellen anzusehen. Dieser Inhalt tritt durch die in den meisten Fällen nicht mit einer Cuticula versehene Zellmembran hindurch. Da, wo die Cuticula vorhanden ist, wird dieselbe durch das Sekret gehoben und endlich gesprengt.

1) Karsten: Ueber die Entstehung des Harzes, Wachses, Gummi und Schleim's durch die assimilirende Thätigkeit der Zellmembran. Bot. Zeit. 1857. S. 313.

2) Wigand: Ueber die Deorganisation der Pflanzenzelle. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III. S. 115 ff.

3) Uloth: Ueber Wachsbildung im Pflanzenreiche. Flora 1867. Nr. 25 u. 26.

4) de Bary: Ueber die Wachsüberzüge der Epidermis. Bot. Zeit. 1871. S. 593.

5) Referat v. Hanstein in Bot. Zeit. 1873. S. 711.

Einzelne Verflüssigungsprodukte, zu deren Bildung die Zellwandungen beitragen und die entweder direkt aus einer Art Gummi oder Harz oder aus Mischungen beider bestehen, finden sich in verschiedenen Produkten des Handels. Hierher gehört zunächst das Traganth, von dem Kützing[1]) zuerst den Bau erkannt und Mohl[2]) denselben richtig als eine Umbildung des dickwandigen Zellgewebes des Markkörpers und der Markstrahlen von Astragalus-Arten gedeutet hat. Ferner reihen sich als Auflösungsprodukte der Zellwand[3]) hier an die Gummiharze Bdellium, Myrrha, Weihrauch, Opopanax, Ammoniacum, Asa foetida. Diese bestehen aus Bassorin, Harz, Arabin und fettem Oele, wobei sich das Harz in den zu Gummi verwandelten Zellmembranen eingeschlossen zeigt. Karsten, der besonders auf die Arbeit aufmerksam macht, welche die Zellwand als assimilirendes Organ im Leben der Zelle spielt, führt noch weitere Beispiele von Desorganisationsprodukten an, wie das Viscin, das den Pollen der Orchideen mit einander verklebt; das Viscin der Mistel und anderer Loranthaceen ist eine Vereinigung der zu gallertartigem Schleim umgewandelten Membran einer Gewebezelle mit dem als Zellinhalt vorhandenen fetten Oele. Der Balsam der Copaifera ist ein Mischungsprodukt der löslich gewordenen Zellwand mit dem ätherischen Oele, welches den Zellinhalt bildet.

Wenn wir die angeführten Beispiele über das Vorkommen von Harz und Gummi im Pflanzenreiche uns noch einmal vergegenwärtigen, so werden wir jetzt die Ueberzeugung gewonnen haben, daß beide Stoffe ganz normal in den verschiedensten Geweben zunächst als Zellinhalt auftreten können. Ebenso normal, d. h. unter den gewöhnlichen Lebensbedingungen der Pflanze an jedem Individuum sich alljährlich ohne Nachtheil für das Gesammtgedeihen wiederholend, bemerken wir Gummi, Harz und Wachs in den Membranen der Zellen.

Als Träger und Erzeuger des Wachses stellen sich die Cuticularschichten, als Lager- und Entstehungsstätte für Harz und Gummi die nicht cuticularisirten Theile der Zellmembran dar. Von letzteren beiden Stoffen wissen wir, daß die Verharzung und Gummifizirung unter Umständen die ganze Zelle sammt ihrem Inhalt ergreifen kann. Die Zelle wird desorganisirt. Auch dieser Vorgang ist normal, so lange er an bestimmte Organe gebunden erscheint. Diese Organe sind Anhangsgebilde schnell vergänglicher Art, wie die Leimzotten bei den Knospen der Laubbäume. Diese Zotten, gerade so wie andere haarartige Bildungen an fertigen Laubblättern (Birnenblättern) scheinen diejenige Arbeit für das sie tragende Organ zu übernehmen, wie die Blätter für den Stamm, d. h. die Assimilation zur Heranbildung des Trägers. Bei den Zotten, die zunächst als Assimilationsorgane der Knospenschuppe dienen mögen und die durch ihre Desorganisation den Knospen-

1) Grundzüge der philos. Bot. I. S. 203.
2) v. Mohl: Bot. Zeit. 1857. S. 33.
3) Nach Wigand a. a. O.

leim, die schützende Decke für die Knospe bilden, kann man diesen Auflösungsprozeß eben so wenig eine Krankheit der ganzen Pflanze nennen, wie die Bildung von Harz und Gummi als Zellinhalt. Es sind jährlich sich wiederholende Entwicklungserscheinungen des gesunden Pflanzenlebens.

Andere Bedeutung aber ist dem Auftreten der erwähnten Verflüssigungsprodukte in der Achse zuzuschreiben, wenn dasselbe nicht auf bestimmte Gummi- und Harzgänge beschränkt ist. Als Inhalt bestimmter Gänge sind diese Stoffe in verhältnißmäßig geringer Menge im Pflanzenkörper vorhanden. Durch mannigfache Ursachen kann aber der Verflüssigungsprozeß von den Gängen aus weiter um sich greifen oder aber auch an Stellen der Achse entstehen, wo überhaupt keine Gummi- und Harzgänge vorhanden sind und dadurch, daß der Prozeß große Gewebecomplexe umfaßt, die zu andern Lebensfunktionen bestimmt waren, kann er das Leben der Pflanze dauernd schädigen oder gänzlich vernichten. Dies sind die krankhaften Verflüssigungsprozesse, von denen in erster Linie der Gummifluß (Gummosis) zu nennen ist.

II. Gummifluß (Gummosis). (Tafel II.)

Der Gummifluß ist eine bei uns der Familie der Steinobstgehölze vorzugsweise eigenthümliche Krankheitserscheinung, die durch sehr verschiedenartige Ursachen hervorgerufen werden kann. In den wärmeren Klimaten verfallen die ächten Akazien der Verflüssigungskrankheit und liefern das Gummi arabicum.

Namentlich sind es bei uns die Kirschen, welche am häufigsten am Gummifluß leiden. Wir sehen bald hellgelbe, durchsichtige, bald braune, trübe, feste Massen über einen Theil der Rinde eines Zweiges oder Stammes ergossen. Diese Massen sind in kochendem Wasser löslich, in Weingeist unlöslich, unkrystallisirbar, geben mit verdünnter Schwefelsäure gekocht einen gährungsfähigen Zucker und liefern, mit Salpetersäure behandelt, Schleimsäure, sind also ein Glied jener Gruppe, welche die organische Chemie mit Gummi bezeichnet. Je nach ihrer Quellbarkeit in Wasser hat man verschiedene Arten von Gummi unterschieden; das in kaltem Wasser vollständig lösliche Gummi hat man als Arabin bezeichnet; das in Wasser zu einer klebenden Gallerte aufquellende Traganthgummi ist ein Repräsentant der Bassoringruppe und als Cerasin wird die Modifikation des Bassorin angesprochen, die in kochendem Wasser löslich ist. Das Gummi der Kirschen und Pflaumen ist ein Gemisch von Arabin und Cerasin[1]).

1) Fremy[1]) betrachtet das arabische Gummi als eine chemische Verbindung einer sehr schwachen, in Wasser löslichen Säure, der Gummisäure mit Kalk. Die Gummisäure kann in Wasser unlöslich werden durch Einwirkung von Hitze (160°) und von concentrirter Schwefelsäure und dann die isomere Metagummisäure darstellen. Grade so, wie die lösliche Gummi-

1) Compt. rend. t. L. S. 121, cit in Jahresb. d. Agrik.-Chemie III. 1860—61. S. 60.

Aus unten erörterten Gründen läßt sich diese Eintheilung nicht beibehalten. Dieselbe ist nur erwähnt, weil sie in chemischen Lehrbüchern noch die herrschende ist und ein Theil der den Gummifluß direkt behandelnden Arbeiten noch jene Auffassung theilt.

Die eingehendsten Untersuchungen über Gummifluß verdanken wir Wigand[1]) und A. B. Frank[2]), die die Krankheit namentlich an Kirschbäumen studirt haben.

---

säure kann auch diese unlösliche Modifikation mit Kalk ein Kalkgummat herstellen, welches alle chemischen Eigenschaften des Gummi theilt. Das lösliche Kalkgummat (also das gewöhnliche Gummi) kann durch Hitze in den unlöslichen metagummisauren Kalk verwandelt werden, der durch den Vegetationsprozeß oder durch kochendes Wasser seine Löslichkeit wieder erlangt. Der metagummisaure Kalk soll den in kaltem Wasser nur quellenden, nicht löslichen Theil des Kirschgummi liefern. Die Gummisäure entspräche somit der Arabinsäure, die in Verbindung mit Kalk den löslichen Bestandtheil des Kirschgummi darstellt; der metagummisaure Kalk entspräche dem Bassorin und Cerasin, die in Arabin sich allmälig verwandeln können.

Diese von den chemischen Lehrbüchern aufrecht erhaltene Ansicht, daß Gummi eine Verbindung der Gummisäure oder Arabinsäure mit Kalk sei, ist durch Frank's Untersuchungen[1]) sehr in Frage gestellt worden. Derselbe fand nämlich, daß das Gummi keine chemische Verbindung mit Kalk sei, da demselben der wesentliche Charakter solcher Verbindungen, nämlich die Vereinigung nach festen Verhältnissen abgeht. Es gelang Frank, an sowohl den Zellinhalt bildenden, als auch der Zellmembran angehörenden Gummaten zu zeigen, daß sie von anorganischen Beimengungen fast bis zur völligen Reinheit befreit werden können, ohne ihren Charakter zu verlieren. So ließ sich z. B. der Aschengehalt des Traganth's, das viele Verwandtschaft mit Kirschgummi hat, bis auf 0,63 % herabmindern, ohne daß dadurch die Eigenschaften desselben im Wesentlichen geändert wurden. Frank sieht daher für alle Körper, welche in das Bereich der Pflanzenschleime fallen, einen Eintheilungsmodus nicht in ihrer Quellbarkeit oder Löslichkeit in Wasser, sondern in ihrem Verhalten zu Salpetersäure. Alle diejenigen Schleime, welche, mit Salpetersäure behandelt, Schleimsäure (meist neben Kleesäure) liefern, rechnet er zu den Gummiarten. Diese Körper werden durch Jod und Schwefelsäure nicht blau, während solche Cellulosereaktion bei denjenigen Schleimen eintritt, welche mit Salpetersäure keine Schleimsäure, sondern nur Kleesäure liefern; letztere werden daher zu den Cellulosen gerechnet, so verschiedenartig auch ihr Verhalten zu Wasser sein mag. So müssen wir z. B. den Salepschleim, welcher in einzelnen Zellen der Orchisknollen vorkommt, zu den Cellulosen rechnen, da er mit Jod und Schwefelsäure violett bis blau wird und durch Behandlung mit Salpetersäure nur Kleesäure liefert. Ebenso verhält sich der Quittenschleim, welcher als Bestandtheil (sekundäre Membran) der Außenwand der Oberhautzellen der Quittenkerne auftritt; der Leinsamenschleim dagegen, der ebenfalls Bestandtheil der Zellwand der Oberhautzellen ist, liefert mit Salpetersäure außer Kleesäure auch noch Schleimsäure und ist somit zu den Gummiarten zu rechnen. Ein anderes Gummi nach obiger Definition ist der Eibischschleim, der als Zellinhalt im Parenchym aller Organe, namentlich aber des Wurzelstockes von Althaea officinalis L. auftritt. Aber nicht blos als Zellinhalt, wie bei den Malvenarten und nicht blos als quellender Bestandtheil der Zellwand, wie bei den Leinsamen und Flohsamen (Plantago Psyllium), sondern auch in größeren Intercellulargängen findet sich das Gummi, wie bei den Sagopalmen (Cycadeen) und bei den Linden.

1) A. a. O.

2) Ueber die anatomische Bedeutung und die Entstehung der vegetabilischen Schleime. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V. 1866—67. S. 161 ff.

1) Frank in Erdmann's Journal Bd. 95. S. 479, cit. in Jahresber. f. Agrik.-Chemie 1865. S. 93.

Hier zeigen sich zunächst mitten im normalen Holzkörper einzelne Gefäße, welche gänzlich mit Gummi angefüllt sind (Taf. II. a) und zwar hat sich dasselbe hier auf Kosten der sekundären Gefäßmembran gebildet. Durch Behandlung mit Salzsäure, welche die Holz- und Gefäßwandungen, sowie die eigentlichen Bastzellen leuchtend carminroth färbt, erkennt man den Uebergang der noch rothen Gefäßwand in das gelbe, hier tropfenförmig aufsitzende Gummi sehr leicht. Diese Erscheinung ist häufig nur Vorläufer oder Begleiter einer viel tiefer eingreifenden Gummibildung, wodurch große Gummidrüsen im Holz und in der Rinde entstehen.

Schon an einjährigen Zweigen gelingt es, die ersten Spuren des Gummiflusses zu entdecken. Bei Durchmusterung feiner Querschnitte, an denen sich die Gummosis nur durch Auftreten eines äußerst kleinen, schwarzen Punktes dem bloßen Auge kenntlich macht, zeigen sich bisweilen hellere Stellen im Holzkörper, die bei genauerer Untersuchung aus parenchymatischen, anstatt aus prosenchymatischen Zellen zusammengesetzt sind. Dieses abnorme Holzparenchym (Taf. II. p) ist meist von dem normalen Holzkörper eingeschlossen, der es auch vom Cambium (Taf. II. c) abgrenzt. In der Regel sind diese helleren Stellen, welche parallel der Peripherie und meist getrennt durch dünne radiale Streifen normalen Holzes neben einander gelagert sind, in verschiedenen Entwicklungsstadien. Einige sind vollständig unversehrt, andere zeigen bereits die Zellen in der Mitte zu Gummi umgewandelt; in einzelnen ist bereits das ganze abnorme Parenchym und ebenso das feste normale Holz in vollständigem Uebergange zu Gummi (Taf. II. d). Es wird dabei die Intercellularsubstanz zuerst aufgelöst; dann folgt die primäre und endlich die sekundäre Membran der Gefäße und Holzzellen. In solchen größeren Gummidrüsen tritt ein eigenthümlicher Vorgang von Wachsthum einzelner Zellelemente neben der gleichzeitigen Auflösung der übrigen ein. Während nämlich die Holzzellen und Gefäße der Gummifizirung unterliegen, wachsen zunächst einzelne Markstrahlzellen etwas in die Länge; die Stärke, welche sie enthalten, wird aufgelöst; in einigen bemerkt man hier und da zwei neue Zellen entstehen, die sich in divergirenden Richtungen verlängern. Die mehr nach innen liegenden, vom Gummiheerde etwas entfernteren Markstrahlzellen runden sich ab und verlängern sich ebenfalls und so entstehen zahlreiche Fäden, welche Aehnlichkeit mit manchen Algen (Chroolepus) haben (Taf. II. m) und welche frei in die Gummimasse hineinwachsen. Allmälig verfallen auch diese Fäden der Gummosis; auch sie werden von außen nach innen aufgelöst, was jedoch nicht in bestimmter Reihenfolge stattfindet. Manchmal sieht man die Zellen an der Spitze des Fadens bis auf einen dünnen Ueberrest der Wandung verflüssigt; in anderen Fällen sind Zellen an der Basis aufgelöst und es liegt dann das frei gewordene Fadenstück isolirt in der Gummimasse.

Ganz ähnliche Vorgänge zeigen sich in der Rinde, deren dickwandige Bastzellen (Taf. II. b) sehr leicht der Gummosis unterliegen. Die Anfänge der Gummibildung sind in der Rinde häufiger anzutreffen, als im Holze; in seltenen Fällen

nur habe ich die ersten Anfänge im Cambium selbst gefunden, und zwar bei Pfirsich mehr wie bei Kirsche.

Wo aber auch immer die ersten Anfänge sich zeigen mögen, stets ist das Uebel bei weiterem Umsichgreifen gefährlich. Im Holz entstandene Gummifizirung theilt sich bald dem Cambium und der Rinde mit; bei größerer Ausdehnung in der Rinde, die wohl den größten Theil des nach außen tretenden Gummi liefern mag, bleibt für die Folge auch das Cambium nicht unversehrt.

Das Endresultat ist im Wesentlichen dasselbe. An einer Stelle des Stammumfanges ist das Cambium vernichtet und der schon gebildete Holzkörper mehr oder minder krank. Eine immer weiter fressende Wunde ist vorhanden; dieselbe ist aber äußerlich nicht immer kenntlich; denn nicht immer wird eine kranke Stelle durch nach außen getretenes Gummi bezeichnet. Selten oder doch erst sehr spät tritt Gummi nach außen, wenn das Cambium zuerst von der Gummosis ergriffen ist. Es stirbt dann das feste, vorher gebildete Holz nur langsam ab und zwar allmälig mehr nach der Tiefe des Stammes, nach dem Markkörper (Taf. II. k) hin, als in der Richtung des Stammumfangs, was von den gleichzeitig mit der Krankheit auftretenden Ueberwallungsbestrebungen herkommt. Ein Fall, der in der Zeichnung nicht dargestellt worden, aber nicht selten vorkommt, besteht darin, daß der Rindenkörper mit Ausnahme einiger Bastbündel über dem gummosen Holze nicht aufgelöst wird, sondern zusammentrocknet. Dann würde der in der Zeichnung mit W markirte Raum durch die Rindenelemente (r) überspannt bleiben. Die Gummibildung ist dann keine sehr reiche; aber um so reicher tritt das Streben des Baumes hervor, die Wunde zu heilen, was am einjährigen Zweige schon deutlich wahrnehmbar wird.

Reichlichere Holz- und Rindenbildung an den der Wunde zunächst liegenden gesunden Stammtheilen (Taf. II. h) machen den Stamm an der Wundseite dicker, als an der gesunden Seite h′ und ober- und unterhalb der Wunde. Wenn die Rinde über der Wunde erhalten bleibt, heben die Ueberwallungsränder (Taf. II. u) die trockne Rinde von dem kranken Holzkörper ab und es bildet sich auf diese Weise eine Höhle, deren hintere Wand von dem der Gummose theilweis anheimfallenden Holz- und Markkörper, deren vordere Wand von der vertrockneten (nicht gezeichneten) Rinde und deren Seiten von den frischen Ueberwallungsrändern u u gebildet werden. Solche Höhle ist ein Aufenthalt von Insekten und Pilzen.

Aber auch die neugebildeten Ueberwallungsränder bleiben selten intakt. In den meisten Fällen sieht man in dem üppig entwickelten neuen Gewebe kleine Gummiherde (Taf. II. d′). Zwar sucht die lebendige Rinde die kranke Stelle durch Schichten von Lederkork einzuschließen; allein eine Heilung habe ich nicht bemerken können. Durch dieses Auftreten neuer Gummiherde im Ueberwallungsgewebe erklärt sich das schwere Schließen der Wunde.

Bevor wir die Frage nach der Heilung des Gummiflusses berühren, ist es nöthig, die Aufmerksamkeit auf die Bedingungen zu richten, unter denen die Krank-

heit auftritt. Am häufigsten findet man in der Literatur die Ansicht Duhamel's [1]) ausgesprochen, daß Kirschbäume, welche in eine zu kräftige Erde gepflanzt, am meisten der Krankheit unterworfen scheinen. Wir sehen diesen Satz für Pfirsich und Kirsche bestätigt, wenn man unter einer zu kräftigen Erde eine thonige verstehen will; auf lockerem, warmem Boden, der sehr reich sein kann, findet sich Gummifluß seltener. Reichlich begegnen wir ferner der Gummibildung bei größeren ungeschlossenen Astwunden. Ebenso sehen wir dieselbe namentlich bei jungen Pfirsichzweigen auftreten, deren Rinde durch Quetschung oder Reibung stärker verletzt worden ist.

Bei Versuchen, bei denen von einer größeren Anzahl von Kirschbäumen im Frühjahr die sämmtlichen Augen entfernt worden waren, trat mit sehr wenigen Ausnahmen Gummifluß ein. Bei andern Versuchen, bei welchen die Stämme auf eine größere Länge geschält worden waren, erschien an denjenigen oberen Ringelschnittstellen, an denen sich keine Neubildungen in Form von Ueberwallungsrändern gebildet hatten, die Gummosis in der Rinde. Bekannt ist endlich, daß starke Wurzel- oder Kronenbeschädigung bei dem Verpflanzen, sowie auch schlechte Veredlung Veranlassung zum Erkranken geben.

Aus diesen Thatsachen schließen wir, daß Gummifluß dann eintritt, wenn die plastische, zu Neubildungen fähige Säftemasse nicht Herde genug für Neubildungen vorfindet. Diese Ansicht wird durch den anatomischen Befund bestätigt. Es wurde oben bereits erwähnt, daß die Gummibildung im Holze vorzugsweise durch Gummifizirung eines abnorm gebildeten Holzparenchyms entsteht, welches häufig in solcher Menge angelegt wird, daß der Cambiumring bei einem Stammquerschnitte an dieser Stelle weit über den Umkreis, den er im gesunden Gewebe beschreibt, in radialer Richtung hinausrückt. Wir sehen ferner, daß die Markstrahlzellen in die Gummidrusen fadenartig hineinwachsen, sehen also Zellstreckung und Zellvermehrung neu auftreten an Orten, wo der gesunde Baum diese Prozesse längst abgeschlossen. Wir können dieses abnorme Holzparenchym, welches der Gummosis bestimmt anheimfällt, als Wuchergewebe bezeichnen, das gleichzeitig mit der Anlage des normalen Holzgewebes gebildet wird, da man dasselbe in ganz jungen, noch krautartigen Zweigen auffindet. Als einen durch lokalen Wasserreichthum bedingten Vorgang haben wir die Streckung der Markstrahlzellen aufzufassen, da es feststeht, daß die Zellen sich um so mehr strecken, je mehr Wasser sie zur Verfügung haben [2]). Dieser Wasserreichthum in Verbindung mit reichlich vorhandenem plastischen Material verursacht die fadenartigen Neubildungen, die in die Gummidruse hineinwachsen.

---

1) Duhamel: Traité des arbres et arbustes. 1755 t. I. p. 149.

2) Vergl. die Arbeit des Verf.: Einfluß der Wasserzufuhr auf die Ausbildung der Gerstenpflanze. Bot. Zeit. 1873. Nr. 10.

Taf. II.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.
W. A. Meyn ad nat lith

Wir werden durch diese Anschauungsweise also zu folgenden Resultaten geleitet: Der Gummifluß ist ein Krankheitssymptom. Die eigentliche Krankheit ist eine lokale Anhäufung plastischer Stoffe bei reichlichem Wasservorrathe, aber nicht genügend vorhandenen oder in ihrer Entwicklung durch andere Ursachen zurückgehaltenen Neubildungsheerden, welche das plastische Material normal verwenden könnten. Die Krankheit kann sehr verschiedene Ursachen haben, wie Beraubung von Knospen (Verbrauchsheerden), größere Verletzungen der ober- und unterirdischen Achse, starke Düngung und Standort des Baumes in schwerem, lange wasserhaltendem, kaltem Boden, wodurch der Baum viel Wasser aufnimmt, viel Reservestoffe gelöst werden, ohne daß eine regelrechte Verarbeitung derselben eintreten kann. Der Baum bildet dann eine größere Menge kürzerer, bedeutend weniger stark verdickter, parenchymatischer Zellen an Stelle von Holzzellen und Gefäßen. Das entstandene Parenchym verwandelt sich in Gummi. Sehr früh und sehr leicht werden die sekundären Membranen der Gefäße und Holzzellen, vorzugsweise aber der Bastkörper von der Gummosis ergriffen. Dabei werden die Reservestoffe theilweis zur Verlängerung und Vermehrung von Markstrahlzellen verbraucht, die endlich auch der Gummifizirung verfallen. Diese abnormen Neubildungen stellen an und für sich einen positiven Säfteverlust dar, der in Verbindung mit der Zerstörung des normalen Holz- und Rindenkörpers eine Schwächung bis zum Tode des Individuums nach sich ziehen kann.

Durch lokale, stärkere Holzbildung an den der Wunde benachbarten gesunden Stellen und durch spätere Ausdehnung dieses Prozesses über den ganzen Stammumfang in der Wundhöhe sucht der Baum, sich auszuheilen. Dieses Bestreben geht in einzelnen Fällen so weit, daß, wenn der ursprüngliche Holzcylinder fast gänzlich abstirbt, der Baum an der kranken Stelle einen neuen ringförmigen, wulstig hervortretenden Holzcylinder bilden kann, dessen Ränder als starke Ueberwallungswülste die Wunden zu decken suchen. Wunde und Ueberwallungsränder können mehrere Jahre von der ursprünglichen Rinde bedeckt bleiben, welche über der Wunde zu einer zähen straffen Haut zusammentrocknet. Diese Haut, bestehend aus Periderm, Rindenparenchym, gesunden und theilweis gummosen Bastzellen, wird durch die Ueberwallungsränder von der kranken Stelle abgehoben, wodurch eine Niststätte für Insekten und Pilze gebildet wird. Bei starker Holzbildung auf der der Wunde entgegengesetzten Seite des Stammes platzt häufig die Rinde (entgegengesetzt ihrer gewöhnlichen Ablösungsweise bei Kirschbäumen) der Länge nach auf. Dies kann als Anzeige für den künstlich anzubahnenden Heilungsprozeß gelten, der darin besteht, daß man neue Bildungsheerde in Form von Wunden schafft, welche als Längsschnitte durch den ganzen Rindenkörper dem Baume beigebracht werden.

Zur Vermeidung des Gummiflusses wird also die Praxis Bedacht nehmen müssen, möglichst viel Knospen dem Baume zu erhalten, größere Wunden in der Vegetationszeit zu vermeiden und einen lockeren, statt eines strengen Bodens zu

wählen. Als Heilmittel wird das Ausschneiden der Wunden bis auf das gesunde Holz und das gleichzeitige Schröpfen des Baumes zu empfehlen sein.

III. Der Mannafluß.

An Stelle des Gummi treten bei manchen Pflanzen zuckerhaltige erhärtende helle Massen, die als „Manna" im Handel vorkommen, aus der Rinde junger Stämme und Zweige. Das austretende Verflüssigungsprodukt enthält Mannit, der durch Ausziehen mit Weingeist in feinen, schwach süßschmeckenden weißen seideglänzenden Krystallen erhalten werden kann und auch künstlich sich aus einzelnen Zuckerarten darstellen läßt. Was bisher über Mannafluß bekannt, rührt von Meyen[1]) her. Nach diesem Forscher werden die großen Mengen Manna, welche aus Italien kommen, künstlich einer Eschenart, der Manna-Esche entlockt; indem man gegen Ende Juli Einschnitte in die Rinde macht. Aus diesen Einschnitten fließt allmälig das Manna als dicker süßer, an der Luft erhärtender Saft. Nur veredelte Exemplare sollen Manna liefern und die Dauer des Ausfließens soll etwa 5—6 Wochen von Anfang August an betragen, falls das Wetter trocken bleibt. Außer der Manna-Esche sollen auch dann und wann andere, selbst unsere gewöhnlichen Eschen, sowie auch Hainbuchen im Stande sein, dieses zuckerhaltige Produkt zu liefern, das nicht von den Ausscheidungen unterschieden wird, welche die Blätter mancher Bäume zeigen. Unter diesen spielen die Lärchen eine hervorragende Rolle, welche im Monat Mai und Juni auf ihrer Oberfläche helle Tröpfchen absondern, die als Manna von Briançon in den Handel kommen. Es ist dies also ein Honigthau, der sich an den bereits erwähnten Honigthau der Linde u. s. w. anschließt.

Unter den Ursachen, die den Mannafluß der Stämme bedingen, figuriren in erster Reihe die Verletzungen durch Menschenhand; ferner wird angegeben, daß ein Insekt, die Manna-Cicade (Cicada orni) durch ihren Stich Manna-Ausscheidungen veranlaßt, ebenso wie der Biß einer Schildlaus die Mannabildung auf der Tamariske des Sinai (Tamarix gallica var. mannifera Ehrh.) hervorrufen soll. Als Bedingung einer reichlichen Absonderung wird von Meyen wiederholt andauernde große Hitze hervorgehoben, die auch den Gummifluß der Steinobstgehölze befördern soll. Dies wäre dieselbe Bedingung, der man die reichliche Bildung des Honigthaues auf den Blättern zuschreibt. Der Umstand dürfte seine Erklärung darin finden, daß durch starke Beleuchtung und Erwärmung in dem assimilirenden Organe eine ganz außerordentliche Menge plastischer Substanz gebildet wird, die aus Wassermangel nicht schnell genug wandern und Verwendung an Verbrauchsheerden finden kann. Was sonst eine Ringelwunde zu thun im Stande ist, geschieht hier ohne jede Verwundung: ein Aufstauen plastischen Materials und eine

1) Pflanzen-Pathologie. S. 228.

abnorme chemische Umwandlung desselben. Tritt reichlich Regen auf und somit Bodenlösung in genügender Menge in die Pflanzen, dann wird das Uebel gehoben.

Insofern findet auch die wiederholte Angabe verschiedener Autoren, daß große Dürre und steiniger Boden den Gummifluß veranlassen, ihre Erklärung. So können also beide Extreme, Wassermangel und Wasserüberschuß die Ursache der Erkrankung werden, welche unter denselben Symptomen auftritt. Im letzteren Falle wird die Krankheit in der Anlage der Pflanze schon durch Bildung des abnormen Holzparenchyms bedingt, was im ersteren Falle nicht stattfindet.

IV. Der Harzfluß.

Das, was der Gummifluß bei Amygdalaceen (Steinobstgehölzen) und der Mannafluß bei Oleaceen (Oelbaumgewächsen), ist der Harzfluß (Resinosis) bei den Coniferen (Nadelhölzern): derselbe tritt bald im Holzkörper auf, bald ergreift er Parenchym und Bastzellen der Rinde. Die ersten Zustände der Krankheit zeigen sich im Kienigwerden des Holzes; der ausgebildete Zustand besteht in Bildung großer Mengen gleichmäßiger Harzmassen in verschieden großen Hohlräumen der Achse, die gewöhnlich Harzbeulen genannt werden. Bereits bei Besprechung der Gummosis ist des normalen Vorkommens von Harz im Pflanzenkörper gedacht und hervorgehoben worden, daß Harz als Zellinhalt in Tropfenform oder, wie bei den Leimzotten mancher Gehölzknospen, in Gestalt von Zwischenlamellen der Zellwand oder endlich, wie bei unsern Kiefern und Fichten in bestimmt vertheilten, eigenthümlichen Harzgängen vorkommt. In der Umgegend des Harzganges zeigt der Inhalt vieler Parenchymzellen Harztropfen und Stärkekörner, von denen nicht selten einzelne mit Harzüberzug versehen sind. Die großen Harzbehälter sind oft vollständig mit Harz erfüllt, sowie es die dem Gummifluß verfallenden Gefäße des Holzkörpers der Amygdalaceen zeigen. Das Material zur Füllung der großen Harzbehälter muß nothwendig zunächst die Umgebung liefern. Ob dieses Material in Form von Harz wandert, wie N. J. C. Müller[1]) annimmt, oder in Form einer andern Verbindung und sich erst dort zu Harz umbildet, wo es als solches aufgefunden wird, wie Hanstein[2]) anzunehmen geneigt ist, das fällt für unsere

1) Müller (Ueber die Vertheilung der Harze 2c. in Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. 1866—67. S. 387 ff.) sagt, die großen Massen Harz in den Harzgängen können nicht anders hineingelangen, als durch Wanderung durch viele Zellmembranen. Müller findet die Zellmembranen permeabel für Harze. Längeres Liegen in Wasser von dünnen Kienholzquerschnitten macht, daß alles Harz in der Zellwand durch Wasser ersetzt wird.

1) Hanstein (Ueber die Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen. Bot. Zeit. 1868. Nr. 43 ff.) spricht über das Auftreten von Harz zuerst in den Fugen von Sekretionszellen als schmales Band zwischen Cuticula und Cellulosehaut. Dies sind für Hanstein gewichtige Gründe für die Annahme, „daß auch das Harz, welches zuerst in Gestalt von Zwischenwandschichten auftritt, seine eigentliche Natur erst annimmt, nachdem es noch in andrer Gestalt die Zellwand durchsetzt hat und als Zwischenschicht abgelagert ist."

Betrachtung wenig in's Gewicht, da wir festzuhalten haben, daß die Bildung größerer Harz- und Gummimassen nur möglich ist durch Umwandlung zuströmender plastischer Nahrung an den Orten, wo die Verflüssigung stattfindet, also positiver Säfteverlust ist. Es kommt dann hinzu, daß auch die geformte Pflanzensubstanz in Form von Holz- und Rindengewebe und von Stärkekörnern der Verflüssigung verfällt und auf diese Weise bedeutendes Material verloren geht. Nach den Untersuchungen von Karsten[1]) und Wigand[2]) erscheint das Holz zunächst kienig, d. h. mit Harz oder Balsam durchtränkt. Innerhalb der meisten Zellen dieses harzgetränkten Gewebes zeigt sich das Harz als Wandbekleidung oder in Tropfen zusammengeflossen, während andere Zellen schon vollständig mit dieser Masse angefüllt sind. In dem Maaße, als der Harzreichthum im Innern der Zelle zunimmt, werden die ursprünglichen dicken Wandungen der Zelle immer dünner, bis schließlich nur noch eine feine Umgrenzung übrig bleibt, die sich in die Harzmasse allmälig verliert.

Wie bei dem Gummifluß erscheinen auch hier die Markstrahlen länger widerstandsfähig, da man dieselben noch deutlich in die gleichartige, sie umgebende Harzmasse der aufgelösten Holzzellen hineinragen sieht; es fehlt zur vollkommenen Analogie beider Vorgänge nur der Nachweis, daß bei dem Harzfluß auch ein abnormes Holzparenchym[3]) gebildet werde, das unbedingt der Verharzung verfiele.

Daß, grade so wie bei der Gummosis, die Stärkekörner bei der Resinosis

---

1) A. a. O. S. 316.

2) A. a. O. S. 165.

3) Einige Notizen deuten wenigstens auf einen ähnlichen Vorgang hin: Karsten (a. a. O. S. 316) giebt hierbei an, daß die einer Harzdrüse benachbarten Holzzellen mit kleinen Zellen angefüllt erscheinen. — Dippel (Histologie der Coniferen in Bot. Zeit. 1863. S. 254) sagt, daß auf einer etwas abnormen Zellenentwicklung und einer später eintretenden Desorganisation der Membran die Bildung von Harzgallen in der Weißtanne beruhe. — Ein anderes anatomisches Merkmal, das eine abnorme Bildung des Holzkörpers anzeigt, giebt Hartig (Schles. Forstver. 1866. S. 23, cit. in Ratzeburg's Waldverderbniß II. 1868. S. 52) an. Es hatte sich in circa 30jährigen Bäumen der Harzfluß in tödtlicher Weise eingefunden. „Es entstanden bis 15 % Harzgefäße mehr im Jahre des Absterbens und das Harz hinderte nun die Thätigkeit in Bast und Holz." — Die wichtigste Notiz aber dürfte Hallier's Beobachtung (Phytopathologie S. 82) geben. Derselbe spricht von der sehr häufigen Erscheinung, daß ein Theil des Stammes durch Zerstörung von Gewebe eines Jahresringes sich als glatter Cylinder von den äußeren Holzschichten loslöst, welche auf diese Weise eine Hülse bilden. Diese „Auslösungen" des Holzkörpers sind häufig von Wucherungen parenchymatischer Natur begleitet, die an Stelle von Prosenchymzellen auftreten und allmälig auch wieder in dieselben übergehen. Häufig tritt bei diesen Auslösungen Verharzung auf. In einem Falle (S. 86) fand Hallier das Wucherparenchym und die angrenzenden Gewebetheile mit harzartigem gelben bis braunen Stoff erfüllt.

Aus diesen Beobachtungen geht wenigstens hervor, daß der Holzkörper der Nadelhölzer an den Stellen, wo Harzbildung auftritt, abnorme Gewebe bilden kann, die bis zur parenchymatischen Wucherung sich steigern.

der Verflüssigung verfallen, ist mehrfach beobachtet worden. Stärke liefert sicherlich einen großen Theil des Harzes bei dem Harzfluß[1]).

Ob dabei der Vorgang in der That so ist, wie ihn Dippel annimmt, daß das Stärkemehl während der Vegetationsperiode nach Abgabe von Sauerstoff in Wasser und Terpentinöl zerfällt und letzteres durch Sauerstoff-Aufnahme in Harz übergeführt wird[2]) oder ob Stärkemehl in ein Glied der Gerbsäurereihe und letzteres in Harz umgewandelt, wie chemische Untersuchungen für einige Fälle[3]) nachweisen,

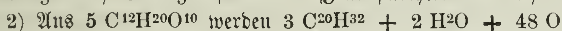
---

1) Wiesner (Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien Bd. 51) giebt z. B. an, daß im Innern der Markstrahlzellen der Laubbäume sich Harzkörner vorfinden, die den Bau des Stärkemehlkornes besitzen. Dieselben werden selten durch Jod allein blau, öfter durch Jod und Schwefelsäure. Mit Cuoxam zeigen sie die Zellstoffreaktion; gegen Eisenchlorid reagiren sie wie Gerbstoff. Daher schließt Wiesner aus seinen Untersuchungen, daß eine große Menge des in der Natur vorkommenden Harzes aus Stärkekörnern oder aus in Gerbmehl sich umwandelnden Stärkekörnern besteht. Er hält den Gerbstoff für das Zwischenglied zwischen Cellulose und Harz.

Dippel (Histologie der Coniferen. Bot. Zeit. 1863. S. 258) kommt in dieser Beziehung zu folgenden Resultaten: Bei der Weißtanne findet sich das Harz im normalen Zustande entweder in einzelnen, zerstreut stehenden Holzparenchymzellen (Harzzellen) zwischen den Holzzellen oder in größeren Gruppen gestreckter Holzparenchymzellen, welche von kürzerem, Stärke führendem Holzparenchym begleitet sind oder endlich in ächten, mit den Markstrahlen in Verbindung stehenden Harzgängen, die ebenfalls von stärkehaltigem Parenchym umgeben sind. Die normale Entstehung des Harzes ist bei der Weißtanne immer an das Holzparenchym gebunden (nie an die eigentlichen Holzzellen).

Der Inhalt dieses Holzparenchyms, der im Winter Stärke, im Sommeranfang flüchtiges Oel ist, geht zunächst in die Harzbildung ein und erst in Folge dieser Umwandlung tritt die Harzbildung durch Desorganisation der Zellenpartieen der ächten Harzgänge auf.

2) Aus $5\,C^{12}H^{20}O^{10}$ werden $3\,C^{20}H^{32} + 2\,H^2O + 48\,O$



Stärke Terpenthin,

aus letzterem

$2\,C^{20}H^{32} + 6\,O$ werden $C^{40}H^{60}O^4 + 2\,H^2O$



Harz.

3) Ueber die Beziehungen zwischen Gerbsäuren und Harzen liegt eine Notiz von Hlasiwetz vor. (Ueber einige Gerbsäuren und die Beziehungen d. Gerbs.-Glycoside ꝛc. Annal. der Chem. u. Pharm. Bd. 143. S. 270, cit. in Jahresb. d. Agrik.-Chemie 1867. S. 78.) Hlasiwetz stellt zwar keine Vermuthung über die Entstehung der Harze auf, findet aber gewisse verwandtschaftliche Beziehungen zwischen Harzen und Gerbsäuren in den beiderseitigen Zersetzungsprodukten.

Weit positivere Resultate veröffentlicht Rochleder im Chemischen Centralbl. 1867. S. 972 über den Gerbstoff aus Kastanienrinde. Dieser Körper verwandelt sich unter gewisser Behandlung in eine fast durchscheinende, rothbraune Masse, welche Aehnlichkeit mit der Aloe soccotrina hat und in der Wärme erweicht, in der Kälte wieder erstarrt.

Diese Substanz, welche in kaltem Wasser zu einem rehfarbenen Pulver zerfiel, hatte nach dem Trocknen über Schwefelsäure einen Moschusgeruch. Das Pulver löste sich in Alkohol und bildete nach dem Verdunsten wieder einen harzartigen Stoff. Harz und Gerbstoffpulver hatten dieselbe chemische Zusammensetzung und gaben dieselben Zersetzungsprodukte, so daß also hier nur das Harz als die unlösliche Modifikation des Gerbstoffs anzusehen ist. Möglicherweise sind viele Harze nur solche unlösliche Formen von in Wasser löslichen Gerbstoffen. Diese Untersuchung vervollständigt Rochleder in d. Sitzungsber. d. Kgl. Akad. Wien 1868. Juli (cit. im Jahresb.

ist für unsere Betrachtung weniger von Wichtigkeit. Für uns genügt die von allen Beobachtern bestätigte Thatsache, daß geformte Bestandtheile aus der Cellulosegruppe, die bald als Zellinhalt, bald als Zellwandung auftreten können, in Harz umgewandelt werden und daß dieser normale Harzbildungsprozeß unserer Nadelhölzer zu einer krankhaften Ausdehnung gelangen kann, wodurch große Gewebepartien zerstört und an deren Stelle bedeutende Harzmassen im Innern des Stammes (Drusen) sich ansammeln, die bei ihrem Durchbruche nach außen erstarren.

Wie bei der Mannosis treten unter den Ursachen für die Resinosis die Verletzungen durch Menschenhand in den Vordergrund. Schon Plinius[1]), der auch den Gummifluß der Steinobstgehölze kannte, berichtet, daß, wenn man Harz aus der Rothtanne gewinnen will, man an der Sonnenseite des Baumes einen Streifen Rinde abreißt, der höchstens 2′ lang ist und etwa eine Elle von der Erde entfernt ist. Das beste Pech soll man an sonnigen Stellen, aber in nördlicher Lage gewinnen. Nach einem kalten Winter ist es schlechter in Qualität und Quantität. Einige behaupten, daß es in Gebirgsgegenden reichlicher fließe und auch eine schönere Farbe, sowie einen besseren Geruch besitze; jedoch erhalte man bei dem Abkochen weniger Pech, weil man mehr Schaum abschöpfen müsse. Manche Bäume liefern schon im ersten, andere erst im zweiten und dritten Jahre nach dem Anreißen eine Ausbeute an Harz. Die einmal gemachte Wunde bleibe immer offen und liefere stets etwas Harz. Duhamel[2]) bestätigt den beschleunigten und vermehrten Harzausfluß an sonnigen Standorten der Bäume. Er beobachtete mehr Harz an den Knoten (dem Ursprung der Astwirtel) als an den Internodien, und das Holz in der Nähe der Harzbeulen liefere weit mehr Theer, als der übrige Holzkörper. Einen Harzfluß als Krankheitserscheinung nimmt Duhamel nicht an, betont aber, daß alte, dem Tode nahe Bäume auch ohne Verletzungen Harz austreten lassen und daß die Harzgewinnung selbst den Tod herbeiführe, wenn die Wunden zu groß und zu tief gemacht werden, weil in diesem Falle der Holzkörper zu sehr leide. Außer diesen Ursachen führen spätere Autoren[3]) noch Quetschungen der Rinde, Verletzungen derselben durch Wild und Stürme an. Die Beobachtungen Duhamel's in Betreff der reichlichen Kienbildung kurz vor dem

---

d. Agrik.-Chem. 1868—69. S. 186), indem er nachweist, daß die Nadeln von Abies pectinata einen Gerbstoff enthalten, der identisch mit demjenigen der Roßkastanie ist ($C^{26} H^{12} O^{12}$). Der Uebergang aus dem löslichen in den unlöslichen Zustand ist mit Austritt von H und O aus dem Gerbstoff verbunden. Das Harz, das Rochleder aus den Blättern der Roßkastanie gewann, gab, mit Kalilauge gekocht, eine Lösung, die an der Luft unter Sauerstoffaufnahme sich röthete und sich ganz wie das Kastanienroth verhielt. Dieses Verhalten, sowie die Formel des getrockneten Harzes gaben Rochleder die Ueberzeugung, daß dieses Harz nur die harzige Modifikation des Kastanienrothes ist und daß man dasselbe als aus Kastaniengerbstoff entstanden betrachten kann, der H und O in Form von Wasser verloren hat.

1) Cit. in Lenz' Botanik d. alt. Griechen u. Röm. 1859. S. 219.

2) Traité des arbres etc. 1755. t. II. p. 167.

3) Wiegmann: die Krankheiten und krankhaften Mißbild. der Gew. 1839. S. 60.

Absterben, werden durch Meyen bestätigt. Derselbe citirt[1]) aus Hartig's forstl. Convers.-Lex., daß bei dem Trockenwerden der Wipfel alter Kiefernstämme bisweilen eine außergewöhnlich große Menge Harz und Kienholz entstehe; solche Wipfel werden als Kienzöpfe bezeichnet und diese reiche Verharzung des Holzkörpers, die sich auch bei vielen stehengebliebenen Stumpfen gefällter Bäume, sowie an den Aststumpfen lebendiger Bäume zeigt, wird von Meyen als besondere Krankheit, „die Kienkrankheit" aufgefaßt. Wir haben diese Erscheinungen als erste Stadien des Harzflusses bezeichnet.

Es bleiben schließlich noch zwei Ursachen zu erwähnen, welche Ratzeburg[2]) angiebt. Die eine besteht in den Verwüstungen durch Raupen, wovon namentlich ein Beispiel interessant ist. Bei Besprechung des Lärchenrindenwicklers (Tortrix Zebeana) führt Ratzeburg als Folgen der Verwüstungen dieses Insektes an: Holzanschwellungen, Harzvermehrung und Saftaufstauung. Es bilden sich abnorme Harzkanäle, welche nach der Seite des Fraßes hin stärker entwickelt sind und sich nach der unverletzten Seite der Peripherie hin verlieren. „Die Zellwand der dem Fraße benachbarten Holzzellen scheint in Harz umgewandelt zu sein." Die zweite Ursache ergiebt sich aus einem Citat von Ratzeburg aus der allgemeinen Forst- und Jagdzeitung 1866 S. 72, in der ein ungenannter Referent als Vorbeugungsmittel „passenden Boden und passende Mischung" angiebt, also in unpassenden derartigen Verhältnissen die Ursachen der Krankheit sieht.

Die einzelnen Citate sind deßwegen hier angeführt worden, um erstens die Analogie des Harzflusses mit dem Gummifluß nachzuweisen, zweitens aber auch, um darauf aufmerksam zu machen, wie wenig gerechtfertigt es wäre, ein allgemeines Heilmittel für diese, sowie für die übrigen Verflüssigungskrankheiten und die damit verwandten Erscheinungen zu suchen. Die Verflüssigungsprodukte sind eben nur Symptome der Krankheiten, welche auf die Ursache noch gar nicht schließen lassen.

§ 2. Den Verflüssigungskrankheiten verwandte Erscheinungen.

I. Der Krebs der Obstbäume.

Zu den mit den Verflüssigungskrankheiten verwandten Erscheinungen gehört der Krebs der Obstbäume. Wenn man die ältere und neue Literatur zu Rathe zieht, um einen klaren Einblick in das Wesen der Krebskrankheiten zu gewinnen, so gelangt man sehr bald zu der Ueberzeugung, daß die verschiedenartigsten Erscheinungen als Krebsschäden aufgefaßt werden. Zur Bezeichnung ist lediglich die äußere Beschaffenheit der kranken Stelle maßgebend gewesen. In vielen Fällen

1) A. a. O. S. 240.
2) A. a. O. S. 71.

leitete noch die Wahrnehmung eines alljährlich weiteren Umsichgreifens der erkrankten Stelle.

Sobald an einer Stelle der Holzkörper dauernd krankt und dort keine neuen Jahresringe mehr bildet, sondern, meist bloß gelegt, einer langsamen, bisweilen jauchigen Zersetzung anheimfällt und wenn diese Zersetzung langsam den jährlich neu entstehenden Ueberwallungsrändern sich mittheilt, hat man die Erscheinung als Krebs oder Brand bezeichnet. Daher kommt es, daß sowohl Frostschäden, wie äußere Verwundungen, endlich die Niststellen phanerogamer und cryptogamer Parasiten, ja selbst Maserbildung als Krebsschäden angesprochen worden sind.

Diese Auffassung ist als irrthümlich zurückzuweisen. Der Krebs ist eine spezifische Krankheit mit, soweit meine Beobachtungen reichen, charakteristischen Symptomen. Er scheint üppig vegetirende Kernobstsorten ausschließlich zu befallen und bei Aepfeln viel häufiger als bei Birnen aufzutreten. Unter den Aepfelsorten werden genannt [1]) der Schleswiger Erdbeerapfel, die Ananasreinette, die Carmeliter Reinette, der Veilchenapfel, Lafferts Glasapfel, vorzugsweise aber der rothe Stettiner, über welchen sich in der pomologischen Literatur des letzten Jahrzehnts die meisten Notizen finden und von dem auch mir Untersuchungsmaterial vorlag.

Leider ist es mir bisher nicht gelungen, die jüngsten Stadien der Krankheit zu beobachten und ich gebe daher nur einzelne wenige, vorläufige Notizen.

Die Krebsgeschwulst zeigt sich häufig in der Nähe eines Zweiges. Die Rinde erscheint in den bisher zur Beobachtung gelangten jüngsten Stadien an einer Seite des Stammes durch eine hervorbrechende Holzanschwellung, die in der Mitte lippig gespalten ist, auseinandergesprengt. In einem etwas älteren Zustande erscheint die Holzanschwellung bereits mehrfach zerklüftet, indem der ursprünglich ziemlich seichte Spalt, welcher die lippige Theilung der ganzen Geschwulst bewirkte, sich vertieft und in eine meist der Längsrichtung des Zweiges folgende enge, gewundene, tiefe Furche verwandelt wird, in welche hinein die faltigen und runzlichen berindeten Ränder der Wucherung abfallen. Die hervorgebrochene Anschwellung hat ihre eigene Rinde, welche zuerst glatt und straff ist. Die ursprüngliche Rinde des Zweiges vertrocknet wenig und tritt als zurückgeschlagener erster Wundrand auf. In der Mitte der Furche ist die Cambialthätigkeit vernichtet. Um so stärker tritt dieselbe in der allernächsten Umgebung der Wunde auf, wodurch in der folgenden Vegetationsperiode ein auffallend starker, meist noch allseitiger Ueberwallungswulst gebildet wird. Dadurch aber, daß die Zerstörung im Holzkörper innerhalb des zuerst ergriffenen Jahresringes in der Längs- und Querrichtung fortschreitet, stirbt im folgenden Jahre nach der Bildung auch die erste Ueberwallungswulst ab. Während dieser Zeit hat sich ein zweiter noch stärkerer, ausgedehnterer, den ursprünglichen Krankheitsheerd in noch weiterem Umfange umgebender Ueberwallungsrand gebildet,

1) „Heilung der Krebswunden" v. Obergärtner Peicker in Grafenort. Monatsschrift für Pomologie und praktischen Obstbau von Oberdieck und Lucas 1861. S. 250.

der im nächsten Jahre demselben Schicksal verfällt. Auf diese Weise entstehen 3—5 immer stärker aufgeworfene Ueberwallungsränder, die, je später entstanden, immer weiter vom ursprünglichen Erkrankungsheerde zurückgetreten sind und der ganzen Wunde ein der Rosenblume ähnliches Ansehen geben.

Diese concentrische rosenähnliche Anordnung der nach außen an Dicke zunehmenden Ueberwallungswülste bildet das charakteristische Merkmal des Krebses der Obstbäume.

Bei den intensivsten Erkrankungsfällen vereinigen sich endlich die rückwärts am Stammumfange fortschreitenden Wundränder und somit ist der ganze Stamm oder Zweig abgestorben. Gewöhnlich bricht schon vorher ein Sturm den halb abgestorbenen Zweig ab. Eine nicht seltene Erscheinung ist die, daß um einen jüngeren Zweig, unter welchem am Stamme der Krebs ausgebrochen, der Holzkörper gänzlich abstirbt und damit auch der Zweig verdorrt und abbricht, so daß der stehengebliebene Stumpf als kurzer brauner Zapfen in der Mitte der Wunde sich erhebt.

Was uns nun bewegt, den Krebs im Anschluß an die Verflüssigungskrankheiten zu behandeln, ist die Beobachtung, daß die bisher untersuchten jungen Zustände übereinstimmend eine ganz bedeutende einseitige Wucherung der Jahresringe erkennen lassen. An der Krebsstelle eines drei- bis vierjährigen Astes erscheint plötzlich ein Jahresring doppelt so stark; der nächstfolgende ist ebenfalls an derselben Stelle einseitig stärker und in der Regel schon am Orte seiner größten Ausdehnung radial zerklüftet. Oft ist schon die erstgebildete Wucherung an einer Stelle des Frühjahrsholzes braun und todt, in andern Fällen scheint zuerst der zweite, abnorm verdickte Jahresring von der Klüftung aus abzusterben und diese Zerstörung des Wuchergewebes pflanzt sich allmälig auch auf die andern gesunden Theile fort.

Der anatomische Befund wird später nachgeliefert und darin gezeigt werden, daß an der Krebsstelle mehr als ein Jahresring jährlich entsteht. Es wird ferner zu ersehen sein, daß der Markkörper Antheil an der Krebsgeschwulst nehmen kann u. s. w.

Der Umstand, daß ein Theil eines Jahresringes hypertrophisch wird, und daß in diesem Theile die Zersetzung des Gewebes beginnt, zeigt, meiner Auffassung nach, eine deutliche Analogie mit der Bildung des abnormen, der Verflüssigung anheimfallenden Parenchyms bei der Gummosis.

Behält man dabei die Erfahrungen der Praxis im Auge, daß die Bäume krebsig im Moor- und Torfboden[1]) in nassen kalten Lagen[2]) werden und daß der Baum, welcher am häufigsten der Krankheit unterworfen, der rothe Stettiner, in

---

1) Peicker a. a. O. S. 250.

2) Schenkel: „Muthmaßliche Entstehung u. Wesen des Baumkrebses“ in: Monatsschrift f. Pomologie 2c. v. Oberdieck u. Lucas 1859. S. 101.

„fetten Gegenden" mit tiefgründigem nahrhaften Boden nach wie vor gut gedeiht[1]), so findet die Annahme eine immer größere Wahrscheinlichkeit, daß der Krebs an den Kernobstgehölzen das ist, was der Gummifluß bei dem Steinobst.

Die praktischen Erfahrungen geben noch weiteren Aufschluß. Wie der Gummifluß ist auch der Krebs durch Edelreiser übertragbar (Lucas u. A.) und wie jener läßt auch der Krebs sich am besten durch Ausschneiden bis auf das gesunde Holz heilen, wenn man gleichzeitig Bedacht darauf nimmt, den Boden kräftig und tiefgründig zu machen. Die Wunden werden mit Baumwachs (oder Theer von Lucas) verstrichen. Rinden-Einschnitte, wie wir dies bei dem Gummiflusse empfohlen, haben sich bei Krebs ebenfalls bewährt[2]).

II. Auslösen des Holzkörpers.

Auf Gewebewucherungen z. Th. beruht die, namentlich bei Nadelhölzern häufige, Erscheinung, daß ein größerer oder schwächerer, innerer Cylinder von Kernholz bei dem Zersägen des Stammes aus demselben herausfällt. Das Gewebe, welches die beiden getrennten Bestandtheile verbunden hatte, ist aufgelöst; die vorhandenen Reste sind braun. Theilweis scheinen Pilze die Ursache der Zerstörung abzugeben; in andern Fällen werden Parasiten nicht erwähnt, wohl aber eine abnorm auftretende ringförmige Harzbildung, wobei allmälig die Zellen aufgelöst werden. In einem dritten Falle endlich wird constatirt, daß sich der innere Cylinder an den Stellen löst, an welchen statt der normalen Holzzellen sich ein großzelliges Parenchym bildet[3]). Dieser letztere Fall kann jedenfalls sehr verschiedenartigen Ursachen seine Entstehung verdanken, die vorzugsweise wohl im Boden zu suchen sind.

---

1) Stoll: „Auch einige Bemerkungen über den rothen Stettiner". Illustrirte Monatshefte von Oberdieck, Fehleisen und Lucas 1865. S. 366.

2) Charles Baltet: Praktische Anleitung zur Baumzucht. 1865. S. 89. Anm. 1.

3) Hallier: Phytopathologie. 1868. S. 82 u. 83.

Capitel VII.

Phanerogame Schmarotzer.

I. Santalaceen (Thesium. Tafel III.).

Zu den wichtigsten Krankheitsursachen unserer Kulturpflanzen gehört der in der Natur weitverbreitete Parasitismus, d. h. die Entziehung assimilirter Nahrung einer Pflanze durch andre Organismen, welche solche Assimilationsprodukte zum Aufbau des eigenen Körpers verwenden. Abgesehen von den zahlreichen Thieren, welche dadurch den Kulturgewächsen schädlich werden, bleibt immerhin noch eine bedeutende Anzahl von Schmarotzern, die dem Pflanzenreiche selbst angehören. Ganze Klassen von Pflanzen entbehren nämlich der Fähigkeit, den zu ihrem Aufbau nöthigen Kohlenstoff aus der Kohlensäure der Luft oder des umgebenden Wassers zu erlangen. Sie sind durch ihre Organisation darauf angewiesen, den Kohlenstoff aus zusammengesetzteren organischen, C haltigen Verbindungen zu entnehmen. Diejenigen von ihnen, welche sich mit abgestorbenen, in Humusbildung begriffenen Pflanzentheilen begnügen, gehören nicht in den Kreis unserer Betrachtung, wohl aber die große Zahl derjenigen, welche nur in der lebenden Pflanze die passenden Verbindungen für ihre Nahrung finden und welche, als ächte Parasiten, die Nährpflanze durch Saftentziehung schwächen und häufig genug vollständig tödten.

Daß die durch den gänzlichen Mangel an Chlorophyll ausgezeichneten Pilze den größten Theil der Pflanzenschmarotzer bilden, darf kaum erwähnt werden. Es giebt aber auch phanerogame Pflanzen genug, welche durch ihren Parasitismus beträchtlichen Schaden anrichten können. Wir erinnern nur an die Kleeseide (Cuscuta). Weniger in der Praxis bekannt aber ist es, daß auch Pflanzen mit ausgebildeten grünen Blättern, wie der Klappertopf und der Wachtelweizen hierher gehören.

Alle phanerogamen Schmarotzer besitzen bald am Stengel, bald an den Wurzeln eigenthümlich gebaute, in einzelnen Fällen den Nebenwurzeln vergleichbare Organe, die sie befähigen, ihrem Wirthe assimilirte Nahrung zu entziehen. Diese Organe nennen wir Saugwarzen oder Haustorien. Der Bau derselben ist je nach der Pflanzenart verschieden und bedarf einer eingehenden Betrachtung.

Wir beginnen mit den Haustorien der bei uns im Ganzen selten vorkommenden Gattung Thesium L. (Verneinkraut), das auf verschiedenen, sowohl monocotylen als dicotylen Pflanzen schmarotzt. Obgleich seltener, wählen wir diese

Pflanze dennoch aus dem Grunde, weil bei ihr das Saugorgan außerordentlich ausgebildet ist und die genaue Kenntniß dieses Organs die Besprechung der Haustorien bei andern Pflanzen bedeutend abkürzt.

Wenn man ein Thesium-Pflänzchen vorsichtig derart ausgräbt, daß auch die feineren Wurzelverzweigungen erhalten bleiben, so findet man einzelne Würzelchen in rein weiße, fleischige, eiförmige oder glockenförmige, bisweilen scheinbar gestielte Körperchen enden, welche fest auf den Wurzeln benachbarter Pflanzen aufsitzen. Sind die Wurzeln der Nachbarpflanze dünn, dann umschließt bisweilen die weiße Anschwellung (das Haustorium) die ernährende Wurzel mantelförmig. Diese Anschwellung besitzt einen sehr interessanten, anatomischen Bau, den wir nach den Untersuchungen von Solms-Laubach[1]) hier wiedergeben. Durch die Verschiedenartigkeit des Gewebes läßt sich zunächst ein Rindenkörper (Fig. 1 A und 1 B r) von einem Kern (k) unterscheiden. Der Rindenkörper ist es, welcher den lappigen, die Nährwurzel (n) mantelartig umfassenden Theil des Haustoriums bildet. Dieser Rindenkörper zerfällt selbst wieder in zwei Parthieen, von denen die eine aus kleinen polygonalen, schwach Stärke führenden Parenchymzellen gebildet ist, die andere, äußere dagegen aus größeren Parenchymzellen mit größeren Stärkekörnern besteht. (Das Folgende bezieht sich ausschließlich auf Fig. 1 B.) Beide Rindenzonen sind von einander erstens durch einen Streifen (s) aus zerknitterten, zusammengefallenen Zellen, welche sich allmälig auflösen und zweitens durch eine Parthie luftführender, großer Parenchymzellen (i) in zwei scharf getrennte Theile geschieden, die nur unten an dem Theile des Rindenlappens, welcher der Nährwurzel anliegt, mit einander verbunden sind und allmälig in einander übergehen. Der Kern des Haustoriums besteht aus drei verschiedenen Geweben. Das Innerste ist das Kernparenchym (l), welches aus kleinen, dicht an einander liegenden plasmareichen Zellen gebildet wird; an dieses centrale Gewebe grenzt der Gefäßring (g), der aus netzartig verdickten, hin und her gewundenen, kurzen Gefäßzellen besteht. An diesen Gefäßring nach außen grenzt eine Zone dünnwandigen, stärkelosen, an Cambium erinnernden Gewebes (k). Alle drei Gewebeschichten des Kerns sehen wir in einen etwa keilförmigen Fortsatz sich verlängern, der im Innern des Gewebes der Nährwurzel liegt und Saugfortsatz heißt. Bemerkenswerth erscheint hierbei, daß die einzelnen Zellelemente des Saugfortsatzes mehr in die Länge gestreckt erscheinen und daß die netzig verdickten Gefäßzellen an der Spitze büschelig aus einander gehen, um sich direkt mit den Gefäßen der Nährwurzel (wp) in Verbindung zu setzen. Umgeben wird der ganze Saugfortsatz von einer gelblichen, stark lichtbrechenden Schicht, welche ihn von dem umgebenden Gewebe der Nährwurzel abgrenzt. So sieht man hier also gleichsam eine Arbeitstheilung im Haustorium angedeutet, insofern als der Kern den eigentlich zerstörenden, Nahrung aufnehmenden Saugfortsatz bildet, der Rinden-

---

1) Ueber den Bau und die Entwicklung parasitischer Phanerogamen v. Herm. Graf zu Solms-Laubach. Pringsh. Jahrbücher f. wissensch. Bot. Bd. VI. S. 539.

körper dagegen das Haftorgan, die Anheftungsfalte darstellt, welche, wie hier in der Zeichnung einer dicotylen Wurzel der Rinde aufliegt und einfach ist, oft aber auch, namentlich bei dünnen Monocotylenwurzeln nach innen zu mehrere jüngere, kappenartig übereinandergreifende Falten bildet. Diese zerstören den Rindenkörper der Nährwurzel und legen sich dicht an die Gefäßbündelscheide an (Fig. 2 a).

Daß diese Rindenfalten des Haustoriums auch wirklich Anheftungsfalten sind, wird aus der Entwicklungsgeschichte des Saugorgans klar. Man sieht zunächst an einer bestimmten Stelle der Thesiumwurzel das Rindenparenchym eine Gruppe protoplasmareichen Theilgewebes (Meristem) bilden, das wie ein Auswuchs auf der Wurzel erscheint. Der flache Auswuchs vergrößert sich schnell und dabei wachsen die Ränder stärker, als der mittlere, der Achsentheil, des neuen Gebildes. Auf diese Weise entsteht ein wallartiger Rand, von dem zwei gegenüberliegende Seiten im Wachsthum bedeutend bevorzugt und zu Lappen werden, die bei Erreichung einer Nährwurzel sich dicht an dieselbe anlegen. Dies sind die primären Anheftungsfalten (Fig. 1 B a′ 2 a′), zwischen denen der jugendliche meristematische Achsentheil in der Anlage ruht.

Innerhalb dieser beiden primären Ränder können nun unter Umständen, namentlich auf Monocotylenwurzeln noch ein zweites und selbst ein drittes Lappenpaar entstehen, welche somit die jüngeren, inneren Anheftungsfalten bilden (Fig. 2 a). Erst wenn diese Falten sich der Rinde der Nährwurzel angelegt oder in dieselbe eingedrungen sind und ihr Wachsthum beendigt haben, entwickelt sich der Achsentheil des Gebildes zum Saugfortsatz, welcher mit seinen Gefäßzellen sich direkt an die Gefäße der Nährwurzel anlegt.

In sehr vielen Fällen erreicht aber eine solche, oben geschilderte Anlage eines Saugorgans nicht sofort eine passende Nährwurzel. Unter diesen Umständen wächst das junge Organ zu einem hakig gekrümmten, kleinen Zweige aus, dessen Spitze noch eine Zeit lang den Charakter des Haustoriums bewahrt. Erreicht es, so lange die Spitze noch jugendlich (meristematisch) ist, endlich eine zusagende Nährwurzel, so wird es zu einem gestielten Haustorium, erreicht es aber keine solche, dann bleibt es dauernd in dem fadenförmigen Zustande und bildet jene gekrümmten, rechtwinklig abstehenden Zweigchen, welche der Wurzel der Thesiumpflanze ihr eigenthümliches Aussehen verleihen.

Die Gattung Thesium gilt, wie wir sehen, als Beispiel für diejenigen Schmarotzer, welche nicht ausschließlich auf die Nahrung ihres Wirthes angewiesen sind. Der Same des Vermeinkrautes keimt nach Irmisch wie der einer nicht schmarotzenden Pflanze; er treibt zunächst eine Pfahlwurzel und zwei fadenförmige, lange, in der Samenschale verbleibende Cotyledonen. Erst wenn die Pfahlwurzel sich verzweigt, bilden die Seitenzweige Haustorien und damit wird die Pflanze zum wirklichen Parasiten.

II. Scrophulariaceen.

Viel zahlreicher und dem Praktiker viel häufiger entgegentretende Parasiten liefert eine Unterfamilie der Scrophulariaceen, die wir als Rhinanthaceen bezeichnen. Die einzelnen Geschlechter derselben schmarotzen in derselben Weise, wie die Santalaceen, zu denen das oben beschriebene Thesium gehört. Die Haustorien bilden bei Rhinanthus, dem gelben Klappertopf, ebenfalls kleine, den Wurzelverzweigungen seitlich anhängende Organe, die aber viel einfacher gebauet sind. Kommt ein Haustorium auf eine monocotyle Wurzel, z. B. eine Graswurzel, so legt sich in der Regel die Rindenschicht des Haustoriums unter Zerstörung des Rindenparenchyms der Nährwurzel an die Gefäßbündelscheide derselben an. Der Kern des Haustoriums, sowie der in das Holz eindringende Saugfortsatz sind nur von einem einzigen Gefäßbündelstrange durchzogen, dessen Zellen netzartig verdickt sind und mittelst großer Löcher mit einander in Verbindung stehen. Hier, wie bei allen anderen Saugorganen steht der Gefäßbündelstrang des Haustoriums in direktem Zusammenhange mit den Gefäßbündeln der Nährwurzeln und auch hier (wie bei Thesium) legt sich das Haustorium bei einer dicotylen Wurzel nur an den Holzkörper an, während es bei einer monocotylen Wurzel in denselben eindringt und ihn zersprengt.

Die einzelnen Gattungen und Arten verhalten sich hinsichtlich des Baues ihrer Saugorgane etwas verschieden. So trägt z. B. der Feldwachtelweizen (**Melampyrum arvense L.**) an seinen langen unverzweigten Wurzeln nur wenige Haustorien, von denen zur Blüthezeit auch nur noch ein kleiner Theil mit der Nährpflanze in Verbindung steht. Ihre Gestalt ist noch einfacher als bei dem Klappertopf (**Rhinanthus Crista galli L.**), da sie nur eine seitliche Anschwellung der Wurzel darstellen.

Ihrer Form nach schließen sich eng an die Rhinanthus-Arten die Haustorien der bei uns ebenfalls viel verbreiteten Läusekräuter (**Pedicularis Tourn.**). Sehr klein sind die Saugorgane bei dem Augentrost (**Euphrasia officinalis L.**), der in großen Mengen auf Wiesen und Waldplätzen vorkommt und an dessen Parasitismus man lange nicht geglaubt hat.

Den Uebergang zu einer anderen Unterfamilie der Scrophulariaceen, zu den Orobancheen, die durch eigenthümliche Anheftungsweise an ihre Nährpflanzen ausgezeichnet sind, bildet die Schuppenwurz (**Lathraea squamaria L.**), welche ein Beispiel liefert, daß auch mehrjährige Pflanzen dieser Familie mit Haustorien versehen sind.

Die Orobanchen sind bei uns nur durch die Gattungen **Orobanche L.** (Sommerwurz) und **Phelipaea (C. A. Meyer)**, den Hanftod, vertreten. Bei diesen Schmarotzern ist es vorzugsweise die angeschwollene Stengelbasis, welche als Saugorgan dient. Es kommt hier oft vor, daß das Ende der Nährwurzel hinter der Ansatz-

stelle des Parasiten abstirbt, so daß es dann den Anschein hat, als sitze die Orobanche auf der Spitze einer Wurzel. Die Nahrungsstoffe, welche dem vom Parasiten abgeschlossenen Wurzelstumpf zuströmen, dienen dann bisweilen zur Ausbildung eines lappigen oder schaalenförmigen Wuchergewebes, welches die Basis des Orobanchestengels umgiebt. Dieser selbst ändert an der Ansatzstelle seine Struktur. Die bisher kreisförmig gestellten Gefäßbündel laufen jetzt regellos nach dem Befestigungspunkte auf dem Holzkörper der Nährwurzel hin, wobei sich die Gefäße des Schmarotzers mit denen der Nährwurzel sehr innig vereinigen. Dieselbe enge Vereinigung findet zwischen dem Parenchym und der Epidermis von Wirth und Schmarotzer statt, so daß der ganze Orobanchenstock wie ein Ast der Nährpflanze erscheint; dadurch läßt sich die frühere Meinung entschuldigen, daß die Schmarotzer nur Verbildungen der Nährpflanze (Pseudomorphosen) wären, welche die Gestalt von selbständigen Pflanzengebilden nachahmen.

Außer diesem Hauptanheftungspunkte bilden wurzelreiche Arten der Orobanchen auch noch sekundäre Anheftungspunkte aus, welche in ihrem anatomischen Baue den primären gleichen und in deren unmittelbarer Nähe die Schmarotzerwurzel oft Adventivknospen ausbildet, welche sich zu blüthentragenden Stengeln entwickeln.

Die Orobanchen sind nach Caspary[1]) von Anfang an wirkliche Schmarotzer. Der kleine, in Sameneiweiß (Endosperm) eingehüllte Embryo besitzt keine Keimblättchen (Cotyledonen) und kein Stengelknöspchen (plumula). Der ganze Embryo bildet ein etwa eirundes Körperchen, das sich durch Neubildung und Streckung der Zellen fadenartig verlängert. Das eine, der Wurzel entsprechende Ende dieses Zellfadens, welcher das Sameneiweiß zu seinem Aufbau verbraucht, gelangt zuerst in's Freie, um sich auf einer ihm zusagenden Nährwurzel in deren Rindengewebe einzugraben. Dabei bildet dies eingedrungene Radicularende des Schmarotzers sich zu einem fast kugelförmigen Körper aus, dessen Basis den Holzkörper der Nährwurzel erreicht und nun erst, im Anschluß an die Gefäße der Nährwurzel die ersten eigenen Gefäßbündelanlagen ausbildet. Unterdeß bilden sich auf der ganzen Oberfläche des jungen Pflänzchens Adventivwurzeln mit schlecht erkennbarer Wurzelhaube. Diese verzweigen sich wiederum und suchen dabei sekundäre Anheftungspunkte an den Nährwurzeln zu bilden und jetzt erst wird die Stengelknospe des jungen Pflänzchens deutlich, welche den blüthentragenden Theil bilden soll.

Alle Orobanchen, selbst die auf der Luzerne schmarotzende O. rubens Wallr. haben nur eine untergeordnete Bedeutung hinsichtlich des Schadens, den sie verursachen, da sie im Allgemeinen selten sind. Auch über die so häufig vorkommenden, schon erwähnten Rhinanthaceen liegen keine sicheren Thatsachen vor, welche einen größeren Schaden an unseren Kulturpflanzen feststellen[2]). Haben diese

1) Caspary: Flora 1864, cit. von Solms-Laubach.

2) In der hier zu Grunde gelegten Abhandlung von Gr. Solms-Laubach findet sich eine Bemerkung von Decaisne, wonach Striga coccinea auf Isle de France eine schädliche Einwirkung

Pflanzen für den Landwirth somit weniger Bedeutung, so ist ihr Parasitismus für den Gärtner um so beachtenswerther, weil sich dadurch das stete Scheitern der Topfkultur dieser Pflanzen erklären läßt. Wahrscheinlich sind manche andere Geschlechter dieser Familie, die bisher allen Kulturversuchen Hohn gesprochen haben, ebenfalls Parasiten.

III. Cuscutaceen.

Von hervorragender landwirthschaftlicher Bedeutung dagegen sind die Seidenarten, die Cuscutaceen, welche mit ihren windenden Stengeln die Pflanzen umschlingen (Fig. 3) und an Hunderten von Punkten aussaugen, bis sie endlich erliegen. Fig. 3 stellt eine Kleepflanze 14 Tage nach dem Schnitt dar. bst ist der Blüthenstand der Cuscuta, die bei h und st sich an ältere und jüngere Stengel mit starken Haustorien angelegt hat. Da der Bau der Saugorgane bei allen Arten derselbe ist, so wählen wir als Beispiel die gefährlichste, die Kleeseide (Cuscuta Epithymum L., C. Trifolii Babingt.). Die Haustorien entstehen hier reihenweise an derjenigen Seite des Stengels, die gegen die Nährpflanze sich anlegt. Dem bloßen Auge erscheint der Saugapparat als eine kleine Erhabenheit der Rinde, und in der That nimmt auch die Rinde den wesentlichsten Antheil. Ihre Epidermiszellen sind, soweit sie diese Erhabenheit bilden, haarartig verlängert (Fig. 4 e) und haften fest an der Rinde des Nährstengels. Nur die äußersten Rindenzellen am Umfange des Organs erreichen den Nährstengel nicht mehr und bilden kurze, in die Luft hinausragende, bisweilen keulenförmige Organe. Häufig kommt es vor, daß mehrere Haustorien mit einander verschmelzen und dann läßt erst der Querschnitt nach der Anzahl der Haustorialkerne (Fig. 4 hk) die Anzahl der verschmolzenen Organe erkennen. Der Kern bildet hier sammt dem Saugfortsatze (s) einen einzigen zusammenhängenden, etwa keilförmigen Körper, der von dem umgebenden Rindenparenchym durch eine Schicht zerknitterter, in Auflösung begriffener Zellen (k) getrennt ist, dafür aber durch seinen centralen Strang schraubig verdickter Gefäßzellen (g) mit dem Gefäßbündelcylinder (c) des Cuscutastengels in Verbindung steht.

Wenn sich der Kern des Haustoriums anschickt, in die Nährpflanze einzudringen, durchbricht er zunächst die papillös ausgewachsenen Zellen der Oberhaut des Cuscutastengels und bohrt sich, indem er sich zum Saugfortsatz verlängert,

auf den Mais haben soll. Ferner soll nach Crüger die Alectra (Glossostylis) brasiliensis als Schmarotzer auf Zuckerrohr die Wurzeln tödten. Eine andere, mit Lathraea squamaria verwandte Scrophulariacee wird auf Pappelwurzeln in Frankreich angetroffen; es ist Clandestina rectiflora, von welcher Hartsen (Chem. Centralbl. 1872. S. 524) angiebt, daß sie einen Hauptstamm bildet, welcher mit zahlreichen gelben Wurzeln auf der Nährwurzel befestigt ist. Die Verbreitung der Pflanze wird insofern erleichtert, als die Frucht bei der Reife ihre Samen mit bedeutender Gewalt weit umherstreuet.

durch die Epidermis und die Rinde der Kleepflanze, um sich endlich mit einem pinselartig verbreiterten Ende (p) an den Holzkörper des Nährstengels anzulegen [1]). Erreicht der Gefäßstrang des Haustoriums selbst den Holzkörper der Nährpflanze, dann ändern sich die einzelnen Gefäßzellen auf eine sehr charakteristische Weise, indem ihre Verdickungsschichten verschwinden, ihr vorderer Theil sich mannigfach ausbaucht und bisweilen büschelartige Verzweigungen bildet. Jede Ausstülpung einer so veränderten Gefäßzelle sucht nun mit den Gefäßen der Nährpflanze in Verbindung zu treten. Auf dem Klee findet man nicht selten Haustorien, die den dünnen Holzring des Stengels gänzlich durchbrechen und mit ihren haarförmig verlängerten Endzellen in das Markgewebe hineinwachsen (Fig. 4 e g).

Diese Bildungen erinnern sehr an die Haare, welche sich nahe der Spitze einer gewöhnlichen, in der Erde wachsenden Wurzel entwickeln und in der That ist hier die ganze Entwicklung des Saugorgans ähnlich der Bildung einer gewöhnlichen Adventivwurzel mit deutlicher Wurzelhaube. Ueber einer solchen, innerhalb des Cuscutastengels entstehenden ersten meristematischen Adventivwurzelanlage dehnen sich die Parenchymzellen des Stengels und die Epidermiszellen wachsen haarähnlich aus. Je mehr sich die junge Adventivwurzel vergrößert, um so mehr werden die Parenchymzellen über ihrer Spitze zusammengedrückt und zu einer gelblichen Masse (Korkmasse) aufgelöst (Fig. 4 k).

Auch die Wurzelmütze verfällt dieser Umwandlung und die äußeren Zellen der eigentlichen Wurzel haben sich während dieser Zeit cylindrisch gestreckt. So dringt das junge Haustorium in die Nährpflanze ein, wenn eine solche in der Nähe ist; im anderen Falle bleibt die junge Adventivwurzel als solche im Wachsthum stehen und erscheint dann als ein kleiner Rindenhöcker an den Stengeln der Kleeseide.

Bei der großen Schädlichkeit dieser Pflanze und den vielen fruchtlosen Versuchen, welche zur Vertilgung des Parasiten bereits gemacht worden sind, ist es von praktischem Interesse, das Vertilgungsmittel zu betrachten, welches die Entwicklungsgeschichte des Cuscutasamens uns an die Hand giebt. Aus dem Samen entwickelt sich nämlich (nach Uloth, Flora 1860) zuerst das dem Würzelchen entsprechende Ende des Embryo, dessen Stengelspitze so lange von der Samenschale umschlossen bleibt, bis das ganze Endosperm aufgezehrt ist. Das Wurzelende ist aber keine ächte Wurzel, weil ihm die Wurzelhaube fehlt; es entwickelt sich auch nicht weiter, sondern stirbt bald ab, während die junge Stengelspitze sich fadenförmig verlängert. Kann dieses junge, vorn wachsende, hinten absterbende Cuscutapflänzchen innerhalb einer gewissen Zeit keine passende Nährpflanze finden, so zehrt es sich selbst auf; andernfalls aber klimmt es an der Nährpflanze aufwärts und entwickelt bald sein erstes Haustorium. In diesem ersten Saugorgane entstehen bei

1) Daß, wie Graf Solms-Laubach angiebt, die Bastfasern vom einbohrenden Haustorium vermieden werden, kann ich für Klee nicht bestätigen, indem man ziemlich häufig Haustorien findet, welche den Bastkörper sprengen.

der Berührung desselben mit der Nährpflanze die ersten Gefäßbündelelemente, deren Bildung nun in den bis dahin gefäßlosen Stengel der Cuscuta sich fortsetzt.

Wenn wir somit wissen, daß der keimende Same nicht lange ohne Nährpflanze bestehen kann, so wird bei großen Verwüstungen der Kulturpflanzen durch die Seide, wodurch wir genöthigt sind, das Land umzubrechen, es geboten erscheinen, in den zunächst folgenden 2—4 Jahren die Bestellung befallener Aecker nur mit solchen Pflanzen vorzunehmen, die keine Nährpflanzen für Seide abgeben. Daher ist die Kenntniß dieser Nährpflanzen von Wichtigkeit. Für die Kleeseide kommen bei uns nur noch wilde Pflanzen in Betracht, wie vorzugsweise Quendel (Thymus Serpyllum L.), Haidekraut (Calluna vulgaris Salisb.) und Ginster (Genista L.); dagegen soll Cusc. Epithymum für einige Weingegenden ein bedenklicher Gast sein. Aus Südtyrol wird berichtet, daß diese Seide gar nicht selten auf Weintrauben angetroffen wird, die dann bärtige Trauben heißen[1]). Die gewöhnlichste Seide ist Cuscuta europaea L.; dieselbe schmarotzt auf Kartoffeln, Nesseln (Urtica), Hopfen (Humulus Lupulus L.), Hanf (Cannabis sativa L.), auf Weiden (Salix L.), jungen Pappeln (Populus L.), auf Eisenhut (Aconitum Tourn.), Rainfarrn (Tanacetum L.) 2c.[2]).

Viel gefährlicher als die vorige Art ist die wirkliche Flachsseide (Cuscuta Epilinum Weihe), welche fast ausschließlich auf den Flachs (Linum usitatissimum L.) angewiesen zu sein scheint, aber auch auf dem Hanf (Cannabis sativa) fortkommen kann, wie Nobbe bei Aussaatversuchen gefunden. (Wiener landw. Zeit. 1873. Nr. 31.) Ihr schließt sich die bei uns unbeständig auftretende Cuscuta racemosa Mart. (C. suaveolens Ser.) auf der Luzerne an, auf welcher (nach Solms-Laubach) auch die Kleeseide auftreten soll. Die erstere wird mit dem französischen Luzernesamen eingeschleppt. Die geringste Bedeutung für Norddeutschland hat Cusc. lupuliformis Krock. auf Weiden, Pappeln, Lupinen und Ahorn[3]); sie findet sich häufiger in Böhmen, Mähren und Osteuropa.

Unter den Vorbeugungsmitteln gegen den schlimmsten Feind, die Kleeseide, ist jedenfalls das von Kühn hervorgehobene als das wesentlichste und wirksamste am meisten zu empfehlen. Es besteht in der peinlichen Sorgfalt bei der Auswahl des Saatgutes. Diese Auswahl wird jetzt bereits wesentlich durch eine Anzahl Versuchsstationen erleichtert, welche nach Nobbe's Vorgang die Kleesaat auf Seidesamen untersuchen. Wenn man gezwungen ist, ein Saatgut zu verwenden, das nicht

---

1) K. K. Zoolog.-Bot. Gesellschaft zu Wien. April 1867.

2) Dorner (Bot. Zeit. 1864. S. 15) spricht von einer Varietät von Cusc. eur. var. Schkuhriana = nefrens Fr., die gewöhnlich nur auf Sambucus Ebulus vorkommt, jedoch von Fries besonders auf der Futterwicke (Vicia sativa) beobachtet worden ist.

3) Noch weiterer Bestätigung bedarf eine Angabe von Palm in Meyen's Pflanzenpathologie 1841. S. 81, wonach auch unsere gewöhnliche Ackerwinde (Convolvulus arvensis L.), eine der Cuscuta allerdings nahestehende Pflanze, Haustorien entwickeln soll



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.

W A Meyn lith

seidefrei ist, dann empfiehlt Kühn[1]) das Reinigen der Waare durch Siebe, welche genau 22 Maschen auf 7 Quadratcentim. haben. Die Cuscutasamen sind durchschnittlich viel kleiner, als ausgereifte Rothkleesamen, aber nur etwas kleiner als Weißklee und daher ist die Maschenweite der Siebe von größter Bedeutung. Die Siebe von Schöll in Plieningen bei Stuttgart, welche mit als die besten empfohlen worden sind, gaben früher einen Abgang von 12 % Klee- und 10 % Luzernesamen, da sie pro 7 Quadratcentim. nur 19 Maschen enthielten. Den Siebabfall dem Futter beizumengen, ist aber durchaus nicht gerathen, da es festgestellt ist, daß der Seidesamen unzerstört den Verdauungskanal des Thieres verläßt und somit keimungsfähig wieder auf den Acker mit dem Dünger kommt. Ausschließlich sich auf die Siebe verlassen zu wollen, ist aber nach Nobbe's gründlichen Erfahrungen nicht rathsam. Die Seidekörner stimmen in der Größe sowie in dem absoluten und spezifischen Gewichte mit den Samen des weißen und schwedischen Klee's so nahezu überein, daß weder Spreufege noch Sieb einen vollkommenen Erfolg versprechen. Aber auch bei den großkörnigeren Samen von Luzerne Roth- und Incarnatklee kann nicht für absolute Entfernung der Kleeseide garantirt werden, da deren Samen auf üppigen Nährpflanzen bisweilen eine Siebmasche von 1 Mm. nicht zu passiren vermögen[2]).

In Bezug auf ein anderes, gegen Kleeseide empfohlenes Schutzmittel, das in einem Waschen der Saatwaare besteht, hebt Nobbe[3]) mit Recht hervor, daß davon kein Erfolg zu erwarten ist. Die Meinung, daß in einem Bottich mit Wasser der Seidesamen oben schwimmt, ist irrig. Der keimfähige Samen des Schmarotzers ist spezifisch schwerer als Wasser und sinkt daher mit den guten Klee- und Luzernesamen unter.

Von den vielen Vertilgungsmitteln der Seide mögen nur einige wenige hier einen Platz finden. Tritt der Schmarotzer in der Luzerne auf, so soll das Abstoßen der befallenen Luzernepflanzen mittelst einer geschärften Schaufel sich als sehr vortheilhaft herausgestellt haben[4]). Dieses Abstoßen muß so tief geschehen, daß eine flache Erdschicht von der Schaufel mitgenommen wird. Die abgestoßenen Pflanzen werden auf Haufen gebracht und auf dichten Wagen vom Felde gefahren. Der Wurzelhals der Luzerne soll nach einem Regen bald wieder ausschlagen und die Seide verschwunden sein. Vorausgesetzt wird dabei, daß jede Spur von Seide vom Felde weggefahren wird, was jedenfalls sehr schwierig sein dürfte, sobald der Schmarotzer bereits größere Strecken übersponnen hat.

Radikaler noch soll nach Wagenbichler (Land- und forstw. Zeit. der Provinz

---

1) Janke: Schles. landw. Zeit. 1868. Nr. 45. Zeitschrift des landw. Cent.-Ver. der Prov. Sachsen 1868. S. 131 und 304.

2) Nobbe in Wiener landw Zeit. 1873. S. 299.

3) Fühling's Neue landw. Zeit. 1871. Heft 1. S. 20.

4) Zeitschr. des landw. Central-Ver. der Prov. Sachsen. 1870. S. 24.

Preußen) das Uebergießen der befallenen Stellen mit einer Mischung von Schwefelsäure und Wasser wirken. Die Verdünnung der Schwefelsäure war etwa derart, daß auf einen Theil Säure 200—300 Gewichtstheile Wasser kamen und diese Mischung wurde vermittelst Gießkanne mit Brause über die Pflanzen gegossen. Allerdings wurden dadurch außer der Seide auch Klee und Luzerne getödtet; nur Timotheegras soll unversehrt geblieben sein [1]). An Stelle des Begießens bediente sich J. Becker zur Vertilgung der Seide des Bestreuens mit einem Kalisalz [2]). An einem starkthauigen Morgen, auf den ein schöner Tag zu folgen versprach, wurde nach dem zweiten Schnitte auf die nassen Stoppeln sehr dicht rohes schwefelsaures Kali gestreuet. Am nächsten Tage schon waren Klee- und Luzernepflanzen mit dem Schmarotzer vollständig braun, wie verbrannt. Nach acht Tagen hatte sich die Luzerne wieder erholt, die Kleepflanzen aber und auch der Schmarotzer blieben todt. Auch im folgenden Jahre zeigte sich auf den früher befallenen Stellen keine Seide. Das einmal von England als sehr sicher empfohlene Begießen mit Eisenvitriol [3]) tödtet den gerbsäurehaltigen Schmarotzer, aber auch seine Nährpflanze. Als bestes Mittel erklärt Nobbe das Bedecken der befallenen Stellen und deren nächster Umgebung mit einer 2—3 Dezimeter hohen Schicht kurz geschnittenen Strohes, das, darauf mit Petroleum befeuchtet, angezündet wird.

Wir begnügen uns mit dem Hinweis auf solche Radikalmittel und glauben, daß es stets gerathener ist, sofort energisch einzugreifen, als erst durch lange Versuche zweifelhafter Proceduren, wie Abweiden, Gräben um die befallenen Stellen ziehen ꝛc. die Zeit zu verlieren. Daß bei dem Schnitte des Samenklee's die Seidestellen gänzlich umgangen werden müssen, bedarf wohl kaum einer Erwähnung.

IV. Loranthaceen.

Bei uns nur von untergeordneter Bedeutung, in Südeuropa dagegen als wirkliche Plage der Bäume auftretend, zeigen sich die Glieder der Familie der Loranthaceen, von denen wir hier als Beispiel das einzige in Norddeutschland vorkommende holzige Schmarotzergewächs, die Mistel (Viscum album L.) auswählen.

Die Mistel zeigt sich in ganz Deutschland in den Ebenen und niederen Gebirgen auf mehr als 50 verschiedenen Bäumen und Meyen behauptet, daß sie auf allen bei uns vorkommenden Bäumen sich ansiedeln kann. Sehr selten scheint sie auf Eichen zu sein. Der Schmarotzer zeigt je nach seiner Nährpflanze einen verschiedenen Habitus und Solms-Laubach beobachtete in dieser Beziehung, daß er nirgends schwächlicher und schmalblättriger als auf der Kiefer erscheint und nirgends

1) Fühling's Neue landw. Zeit. 1871. Heft 6. S. 475.

2) Ebend. Heft 10. S. 794.

3) Bot. Zeit 1864. S. 15 (IV. Versammlung ungarischer Aerzte und Naturforscher).

üppiger und mit größeren Blättern versehen ist, als auf der Schwarzpappel. Auch pflegen die Samen der Pflanzen, welche auf Nadelhölzern wachsen, nur einen einzigen, dagegen diejenigen, welche von Laubholzbewohnern stammen, mehrere Keimlinge zu enthalten. In verschiedenen Gegenden hat die Mistel sich verschiedene Bäume zum Lieblingsaufenthalt gewählt; so wächst sie in der Rheinprovinz besonders häufig auf Apfelbäumen, in der Mark fast ausschließlich auf Kiefern, in Preußen nach Caspary auf Pappeln; in Thüringen und im Schwarzwald ist sie vorzugsweise in den Wipfeln der Weißtanne beobachtet worden.

Wenn man die Rinde der Nährpflanze abschält, um zu sehen, mit welchen Organen die Mistelpflanze festsitzt, so sieht man im Cambiumringe des Baumes grüne Adern, die sogenannten Rindenwurzeln der Mistel, welche der Längsrichtung des Nährastes parallel gehen. An einzelnen Stellen solcher älteren Rindenwurzeln haben sich Adventivknospen gebildet, welche zu jungen grünen Büschen sich ausbilden. Die äußerste Rindenschicht dieser Wurzeln, welche kaum als Epidermis aufgefaßt werden kann, haftet fest an dem Gewebe der Nährpflanze; nur die Zellen der Wurzelspitze haften noch nicht an; sie sind, soweit sie die Oberfläche der Spitze, also etwa die Wurzelmütze darstellen, haarförmig ausgewachsen und machen dadurch die Wurzelspitze pinselförmig.

Von der Unterfläche der Rindenwurzeln sieht man keilförmige, nach dem Centrum des Nährzweiges gerichtete Organe, die, den Haustorien der anderen Schmarotzer entsprechend, hier Senker genannt werden; ihre Spitze sitzt im Holz des Nährzweiges, ihre breitere Basis im Cambium desselben. Die je nach ihrem Alter verschieden dicken Senker sind innerhalb des Holzes der Nährpflanze parenchymatisch bis auf die in den jüngsten Jahresringen liegenden Theile, in denen netzartig verdickte Gefäßzellen auftreten, welche vom Centrum nach der Peripherie des Senkers bogig verlaufende Stränge bilden. Diese Gefäßstränge legen sich an die Gefäße des Nährzweiges oder bei Nadelhölzern an dessen Holzzellen an. Wenn man auf den ersten Blick die älteren Senker in den Holzkörper eingekeilt sieht, so könnte man glauben, daß dieselben die Holzmasse gespalten haben. In Wirklichkeit kann dies der weiche Senker, der im ersten Jahre nicht einmal Gefäße bildet, nicht ausführen; er gelangt vielmehr passiv in den Holzkörper. Die Basis des Senkers besteht aus jugendlichen, zu Neubildungen fähigen (meristematischen) Zellen. Durch Vermehrung derselben streckt sich diese Basis in dem Maaße, als der Cambiumring des Nährzweiges nach außen rückt, so daß die in Vermehrung begriffenen Zellen von Nährpflanze und Senker stets in einer Ebene bleiben. Die aus dem Cambium des vorigen Jahres hervorgegangene Holzschicht des Nährzweiges legt sich auf diese Weise um den gedehnten Senker herum; der Vorgang wiederholt sich mehrere Jahre hindurch, so daß dadurch endlich der ältere Senker von Holzlagen eingeschlossen erscheint. Man sieht hieraus, daß die Spitze des Senkers am Anfange des vorhandenen Holzes fest stehen bleibt und sich nicht eingräbt, sondern das neue Holz sich alljährlich gleichsam an dem sich rückwärts verlängernden Senker hinaufschiebt.

Mit der Zeit hört ein Senker zu wachsen auf d. h. seine Meristemzone an der Basis geht in Dauergewebe über; es kann sich somit der Senker nicht mehr wesentlich verlängern und in Folge dessen auch der Nährzweig keine neuen Holzschichten um ihn herum ablagern; letzterer stirbt an dieser Stelle ab, wodurch nun aber auch der Tod des Senkers herbeigeführt wird. So entstehen die trockenen Gewebestellen „Krebsstellen“ am Aste, deren Zahl mit dem Aufhören des Wachsthums der nächst jüngeren Senker stetig wächst und welche vom lebenskräftigen benachbarten Gewebe des Nährastes mit Ueberwallungsrändern umgeben werden.

Die Fortpflanzung der Mistel von einem Baum auf den anderen geschieht ausschließlich durch Samen, wenn man nicht etwa des Versuchs wegen eine Zweigspitze des Schmarotzers in den Spalt eines Nährastes künstlich einbringt, also Stecklinge macht, welche fortwachsen sollen[1]). Der Same entwickelt sich im Herbste aus der im Frühjahr auftretenden Blüthe. Nach Pitra[2]) zeichnen sich diejenigen von ihnen, welche zwei Keimlinge bergen, durch ihre flache, herzförmige Gestalt aus, während die nur einen Keim einschließenden Samen länglich bis elliptisch sind. Der Keimling wird vom Sameneiweiß bedeckt mit Ausnahme des Würzelchens, welches bis auf die Oberfläche des Samens ragt und, nur durch ein feines weißes Häutchen geschützt, direkt unter der klebrigen Masse der Beere liegt. Das Sameneiweiß enthält in seinen ziemlich großen Zellen, deren Wandungen gegen den Keimling hin sehr dünn sind, Stärkemehl und Chlorophyll. Der Keimling besitzt zwei Cotyledonen und ein ziemlich langes Stengelchen, dessen Achse durch ein in die Cotyledonen sich fortsetzendes Gefäßbündel gebildet wird. Das Einsaugen der im Sameneiweiß gespeicherten Reservenahrung findet durch die Oberfläche der Samenlappen selbst statt. Die Parenchymzellen derselben sind denen des Eiweißkörpers sehr ähnlich und bilden keine Epidermis; dagegen ist das dunklergrüne Stengelchen durch dickwandige Epidermiszellen von der Umgebung abgegrenzt. Wenn der Same keimt, wozu er natürlich nicht erst, wie der Volksmund behauptet, durch den Magen der Vögel gehen muß, wird durch Streckung des Stengelchens unterhalb der Cotyledonen das Wurzelende hervorgeschoben. Das freie, sich kopfförmig verdickende, weißliche Wurzelende sucht nun, vom Lichte sich abwendend, nach einer Unterlage, wobei sich das Stengelchen nach Bedürfniß krümmt. Ist das kopfförmige Wurzelende auf einen Zweig gelangt, wo es durch seine klebrige Außenfläche festgehalten wird, fangen die Ränder dieses Köpfchens an, stärker auszuwachsen, werden dabei faltenartig flach und legen sich dicht an die Oberfläche des Zweiges an. Nun schwinden aus dem sich anschmiegenden Theile des Köpfchens das Stärkemehl und Chlorophyll

1) Meyen: Pflanzenpathologie S. 84.

2) Pitra: Ueber die Anheftungsweise einiger phanerogamen Parasiten an ihre Nährpflanze. Bot. Zeit. 1861. S. 53. Die hier zu Grunde gelegten Untersuchungen wurden von Pitra an der Linde unternommen.

fast gänzlich; dafür verlängern sich die Epidermiszellen des der Nährrinde anliegenden Theiles beträchtlich und kitten sich vermittelst einer Masse fest, die wahrscheinlich durch die Auflösung der Cuticularmembran der Epidermiszellen entsteht.

Im Innern des Köpfchens geht unterdeß die Bildung der eigentlichen Wurzel vor sich. Dieselbe entsteht durch die Umwandlung des centralen Gewebes des Köpfchens und bildet gleichsam die Verlängerung des Gefäßstranges im gekrümmten Stengelchen. Das neugebildete kegelförmige Würzelchen im Innern des Köpfchens durchbricht nun dessen Epidermis und dringt in die Rinde des Nährorganes ein, dessen cuticularisirte Oberfläche zunächst aufgelöst erscheint. Dadurch daß jetzt auch die Intercellularsubstanz zwischen den Rindenzellen des Nährzweiges gelöst wird und diese somit gelockert sind, wird der Eintritt des Schmarotzers bedeutend erleichtert. Die Hauptwurzel desselben wächst nun so lange fort, bis sie den Holzkörper der Unterlage erreicht hat.

Dies sind in der Regel die Erscheinungen im ersten Sommer nach der Aussaat. Den ganzen folgenden Winter hindurch bleiben immer noch die Cotyledonen von der Samenhaut umhüllt und erst im nächsten Sommer wird der Same gänzlich zerstört; die Samenlappen vertrocknen und die Endknospe des jungen, sich aufrichtenden Stengelchens macht zwei Blätter, während von der Hauptwurzel neue Seitenwurzeln ausgehen, welche in der Nährrinde sich ausbreiten.

Aus dieser Entwicklungsgeschichte der Mistelpflanze ergiebt sich, daß als einziges Mittel gegen den Feind das frühzeitige Ausbrechen desselben anzusehen sein dürfte. Bei älteren Büschen wird mit dem Ausbrechen allein nicht geholfen sein, sondern man wird im weiteren Umkreise bis auf die älteren Holzschichten ausschneiden müssen, um die Bildung von Adventivknospen aus den Seitenwurzeln zu verhindern. Das Ausbrechen wird übrigens immer sehr vorsichtig geschehen müssen, da leicht der ganze Ast an der Ansatzstelle des Schmarotzers abbricht[1]).

---

1) Aehnlich dem Eindringen der Mistel gestaltet sich auch dieser Vorgang bei anderen Loranthaceen und nach Karsten*) auch das Eindringen des Keimwürzelchens von Clusia und den parasitischen Ficus-Arten.

*) Gesammelte Beiträge S. 225: Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Loranthaceen.

Capitel VIII.

Kryptogame Parasiten.

§. 1. Einleitung.

(Tafel IV.)

In Rücksicht auf die Größe der Ausbreitung, die alljährliche Wiederholung und den Umfang des Schadens, der durch Parasiten angerichtet wird, verschwinden die phanerogamen gegen die kryptogamen Schmarotzer, von denen fast ausschließlich die Pilze als Krankheitserreger der mannigfachsten Art auftreten. Bevor wir aber auf die durch Pilze verursachten Krankheiten der Pflanzen näher eingehen, erscheint es nöthig, einige Angaben über Bau und Leben des Pilzkörpers im Allgemeinen vorauszuschicken und an einem der gewöhnlichsten, noch ziemlich einfach gebaueten Vertreter bereits auf Organe und Prozesse aufmerksam zu machen, die bei höher entwickelten Arten in größerer Ausbildung durch die neuere Forschung nachgewiesen worden sind.

Der Baustein für die zweite große Klasse des Pflanzenreiches, deren Samen keinen Keimling vorgebildet enthalten, ist derselbe, wie bei den Phanerogamen, ist die Zelle. Bei den Pilzen treten die Zellen vorzugsweise in reihenweiser Anordnung, zu Ketten und Fäden vereinigt, auf, und solche Pilzfäden sind es, welche die in ihrer Größe, Gestalt, Consistenz, Lebensdauer und Verwendung so außerordentlich verschiedenen Gebilde dieser Familie zusammensetzen, welche wir bald als Hutpilz in der Form von Champignon und Steinpilz, bald als zähen, holzigen, knolligen Löcherpilz an alten Bäumen, bald als Trüffel in der Erde oder als Rost und Brand auf unseren Kulturpflanzen auftreten sehen.

Trotzdem daß bei den Pilzen keine so großartige Mannigfaltigkeit in der Ausbildung der einzelnen Zellen und der durch sie aufgebauten, für einzelne Lebensfunktionen bestimmten Organe, wie bei den Phanerogamen besteht, läßt sich doch bei ihnen eine Arbeitstheilung zwischen einzelnen Zellen oder Fadenpartieen leicht constatiren. Die meisten Pilze besitzen ein vegetatives Organ, welches den Wurzel- und Blattkörper der höher entwickelten Pflanzen vertritt; es heißt Mycelium. Eine weitere Sonderung in zwei Organe, von denen das eine als Wurzel die rohe Bodennahrung aufzunehmen bestimmt ist, das andere die Umformung in organische Substanz unter der Arbeit des Lichtes zu besorgen hat, ist hier bei den Pilzen nicht nöthig, da dieselben überhaupt keine organische Masse aus den rohen Pflanzennährstoffen bilden können, sondern schon assimilirte Nahrung vorfinden müssen,

wenn sie gedeihen sollen. Das eigentlich assimilirende Organ der höheren Pflanzen, das Chlorophyll, ist daher auch bei den Pilzen nicht anzutreffen und ebensowenig ein häufiges Assimilationsprodukt des Chlorophylls, die Stärkekörnchen vorzufinden. Auch der den Phanerogamen selten fehlende Gerbstoff ist hier noch nicht aufgefunden worden.

Das Reproduktionsorgan der Pilze heißt Spore. Der Name Spore ist ein Gattungsbegriff, der etwa gleichbedeutend, wie das Wort Knospe bei den Phanerogamen Verwendung findet. So wie wir bei letzteren von Wurzel-, Blatt-, Blüthen- und Samenknospe reden, so haben wir auch bei den Sporen verschiedene Arten derselben zu unterscheiden, die auf kleinen einfachen oder größeren verzweigten Aesten des Mycels (Basidien) oder deren feineren Verzweigungen (Sterigmen), bald einzeln bald in Ketten oder Knäueln gehäuft auftreten und die bald einzellig, kugelig, oval, elliptisch bis stabförmig, bald mehrzellig sind und dann einen mehrgliedrigen Zellenkörper darstellen, der als zusammengesetzte Spore bezeichnet wird. Solche Sporen, die frei an der Spitze einzeln stehender Aeste sich bilden, führen den Namen Conidien; sie entsprechen am meisten den Laubknospen unserer Kulturpflanzen und keimen bald nach ihrer Ablösung im günstigen Medium zu einem neuen vegetativen Gewebe, Mycelium. Nur in einzelnen Fällen und zwar, wie zu vermuthen ist, bei weniger zusagenden Vegetationsbedingungen, entwickeln sich aus ihnen sofort neue Knospen, wobei endlich solche Conidien durch fortwährende Wiederholung dieses Prozesses gänzlich erschöpft werden können. Häufig entstehen die Träger vereinigt an bestimmten Punkten des vegetativen Organs, das dort zu einem dichten, bisweilen fleischig erscheinenden Geflechte zusammentritt und nun Fruchtpolster (stroma) heißt.

Bei den vollkommenen Pilzen, welche einen bestimmt gebauten Fruchtkörper besitzen, bilden die sporentragenden Fäden charakteristisch gestellte und gebaute flächenartige Ausbreitungen auf dem Fruchtkörper. Solche dichte, Sporen erzeugende Schicht des differenzirten Fruchtkörpers heißt Fruchtschicht (hymenium).

Bei vielen Pilzen kommen verschiedenartig gebildete Gehäuse oder Kapseln vor, welche in ihrem Innern auf meist pfriemenförmigen Stielchen den Conidien ähnliche Fortpflanzungszellen erzeugen. Diese Kapseln heißen Pycniden und die in ihnen erzeugten keimfähigen Sporen führen die Bezeichnung Stylosporen. Etwa ähnlich in Bau und Anordnung der in ihnen erzeugten Gebilde verhalten sich die meist in das Gewebe der Nährpflanze eingesenkten Behälter, welche als Spermogonien bezeichnet werden. Die in ihnen entstandenen sehr kleinen Zellen führen den Namen Spermatien und unterscheiden sich zunächst von Stylosporen dadurch, daß sie bis jetzt nie keimend beobachtet worden sind. Ueber die Natur dieser Gebilde ist man noch im Zweifel. Auf andere Knospenzustände der Pilze, welche als Sporidien, Schwärmsporen ꝛc. aufgeführt werden, soll bei den einzelnen Geschlechtern Rücksicht genommen werden.

Eine sehr große Gruppe von Pilzen bildet sämmtliche Fortpflanzungsorgane derartig aus, daß sie frei auf den Enden ihrer Träger oder Basidien sitzen und man faßt deßwegen diese Pilze unter dem Namen der Basidiomyceten zusammen. Es treten aber auch nicht minder häufig die Sporen zu mehreren eingeschlossen in eine sack- oder schlauchartige Mutterzelle (theca oder ascus) auf und die Pilze, welche solche Thecasporen oder Ascosporen erzeugen, bilden die zweite große Gruppe der Ascomyceten.

Auch bei den Pilzen und zwar bereits bei sehr verschiedenen Gruppen derselben ist ein Befruchtungsakt nachgewiesen worden. Das Produkt der Befruchtung ist in der Regel ein massig entwickelter Fruchtkörper, der vom Laien wohl für den ganzen Pilz gehalten werden kann. Nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen läßt sich behaupten, daß der ganze gestielte Hut der Hutpilze, zu denen der Champignon gehört, das Produkt eines Befruchtungsvorganges ist, der sich auf dem in der Erde unbeachtet vegetirenden Mycel vollzieht. Von dem eigentlichen Befruchtungsprozeß, unter dem man das Zusammenwirken des Inhalts zweier verschieden gestalteter Organe zur Hervorbringung neuer Keime versteht, etwas verschieden ist der bei einigen Pilzen vorkommende Copulationsprozeß. Hier werden die Anlagen neuer Individuen durch die Verschmelzung zweier gestaltlich gleichartigen Zellen erzeugt. Das Produkt dieser Verschmelzung heißt Zygospore.

Ein solcher Vorgang findet z. B. bei einem unserer gewöhnlichsten Schimmel, dem Köpfchenschimmel (**Mucor Mucedo L.**) statt, dem wir auf faulenden Früchten, auf Brot und Fleisch, am üppigsten aber auf Pferdemist, begegnen. Das Studium seiner Entwicklung dürfte am besten geeignet sein, einen Einblick in das Pilzleben zu bieten und zur Vorbereitung für das Verständniß verwickelterer Formenkreise dienen, die uns bei einzelnen Pflanzenkrankheiten entgegentreten. Außerdem aber hat dieser Schimmel auch insofern Wichtigkeit, weil er von einigen Beobachtern in mehrfache Beziehung zu Pflanzenkrankheiten gebracht worden ist.

Der Köpfchenschimmel unterscheidet sich von dem auf Brot, auf eingemachten Früchten, Tinte u. dgl. noch häufiger vorkommenden Pinselschimmel (**Penicillium glaucum Lk.**) auch schon für das bloße Auge. Wenn wir auf den angeführten Unterlagen ein lockeres, weißes, graues oder gelbbraunes seidenglänzendes Geflecht, dessen Fäden am Rande oft stelzenartig locker über die Unterlage schreiten, antreffen und gewahren mit freiem Auge oder einer schwachen Lupe eine Anzahl feiner, bisweilen stecknadelkopfgroßer, auf aufrechten Stielen stehender Köpfchen, dann haben wir es mit **Mucor Mucedo** zu thun. Zeigt sich dagegen die Schimmelvegetation in Form einer blaugrünen, dichten, stäubenden, weichen Kruste, die auf zuckerhaltigen Flüssigkeiten zusammenhängende Häute bildet, so befindet sich in der Regel **Penicillium crustaceum Fr. (P. glaucum Lk.)** vor uns, wenn nicht das auf eingemachten Früchten sich auch häufig zeigende **Eurotium Aspergillus glaucus de By.** dafür eintritt. Der Ueberzug des letzteren ist flockiger und graugrün. Er

kennzeichnet sich bei näherer Betrachtung durch die anfangs weißen, später dunkelgraugrünen kurzstieligen Köpfchen und durch das Auftreten orangegelber Punkte, der reifen Früchte.

Wenn wir eine Spore des Mucor (Fig. 1) in einem Tropfen von einer frischen Abkochung von Pferdemist unter das Mikroskop bringen, so zeigen sich schon in wenigen Stunden die ersten Anfänge der Keimung. Die länglich eiförmige Spore verwandelt sich in eine oft 6—10 Mal so große Kugel (Fig. 2 a). Wir folgen in Text und Zeichnung den Untersuchungen von Brefeld. Der Inhalt, der ursprünglich als ein gleichmäßig stark lichtbrechendes Plasma die ganze Zelle ausfüllte, zieht sich als feinkörnige Auskleidung an die Wand zurück und im Innern zeigt sich eine große helle Vacuole. Bald darauf erscheint die Spore in einen, zwei oder selbst mehrere Keimschläuche ausgewachsen (Fig. 2 b und c), die sehr schnell sich verlängern und dabei auch derartig dick werden, daß sie den Durchmesser der Spore erreichen; unter reicher Verästelung sieht man sie schon innerhalb eines Tages sich zu einem großen Mycelium ausbilden (Fig. 3 m). Trotz der reichlichen Aeste und vielfachen Verzweigungen läßt sich in dem ganzen Mycelium keine Querwand erkennen. Der Inhalt der einzelnen Aeste besteht aus Protoplasma, welches durch große Vacuolen ein schaumiges Ansehen erhält und so lange in dieser Form bleibt, bis der Pilz sich zur ersten Art der Vermehrung anschickt.

Es erhebt sich nämlich ungefähr in der Mitte des ganzen Mycelgeflechtes ein dicker Ast senkrecht in die Luft (Fig. 3 b); in diesen hinein wandert der Inhalt der nächsten Mycelfäden und zwar herrscht in diesem Aste ein solcher Turgor, daß kleine, sauer reagirende Tröpfchen durch die Wandung hindurchgepreßt werden. Der Ast wird zum Sporenträger; an seiner verjüngten Spitze zeigt sich eine kopfartige Anschwellung, die sich vergrößert und durch eine Scheidewand vom Stiel abgrenzt (Fig. 3 c und 4). Die Scheidewand (Fig. 4 s) hat das Eigenthümliche, daß sie wie eine längliche Blase in das Innere des Köpfchens hineinwächst und so innerhalb der großen Kugel wie eine kleinere, länglich in den Stiel verlaufende erscheint (Fig. 5 b). Die äußere große Kugel führt den Namen Sporangium; damit wird immer eine blasig oder kapselartig aufgetriebene Zelle bezeichnet, deren Inhalt in Sporen zerfallen ist, welche bei der Reife aus der Kapsel heraustreten. Die innere hochgewölbte Scheidewand des Stieles, welche hier in das Sporangium hineinragt, heißt das Säulchen (Columella). Der Innenraum zwischen Columella und der, sich mit feinen Stacheln bekleidenden Außenhaut (Fig. 5 c) des Köpfchens ist mit Protoplasma erfüllt, das sich in eine sehr große Menge einzelner, von einander durch eine Zwischensubstanz (Fig. 5 e) getrennter Parthieen theilt, welche allmählig mit einer Membran umgeben erscheinen und sich als solche Sporen (Fig. 5 d) repräsentiren, aus denen wir die Pflanze entstehen gesehen haben.

Bei der Reife, welche mit einem außerordentlich schnellen Emporschießen des bei der Anlage des Sporangiums in seinem Längenwachsthum stehen gebliebenen Stieles verbunden ist, neigen sich die Sporangien nach unten. Die Stiele haben sich dem Lichte zugewendet. Das Protoplasma in ihnen ist verbraucht, ihr Inhalt wasserhell; im Mycelium sind jetzt Querscheidewände bemerkbar. Kommt ein solches reifes Sporangiumköpfchen mit einem Tropfen Wasser in Berührung, ist in einem Augenblicke die ganze Sporenmasse, wie ein plötzlich ausgespannter Regenschirm, über die Tropfenoberfläche ausgebreitet (Fig. 6). Von der stacheligen, ursprünglich Cellulosereaktion zeigenden Sporangienmembran sieht man nur noch eine sehr dünne Schicht (Fig. 6 c), deren stachelige Bekleidung aus oxalsaurem Kalke gebildet ist; die übrige Haut selbst hat sich im Wasser gelöst. Die Sporen liegen eingebettet in die außerordentlich aufgequollene, zähflüssige, fadenziehende Zwischensubstanz (Fig. 6 e), die durch ihre Quellung das Oeffnen des Köpfchens und die Verbreitung der Sporen (Fig. 6 d) bedingt hat.

Bisweilen erleidet die Entwicklung der Mucorköpfchen eine Störung, z. B. durch Druck, durch Temperaturerniedrigung, mangelnde Ernährung oder Parasiten. In diesem Falle verhalten sich die Fruchtträger genau wie die Zweige eines Baumes, deren Spitzen abgebrochen sind. Es bilden sich Seitenzweige, die bei dem Mucor neue Köpfchen tragen. Bei diesen Köpfchen sind dann die Wandungen derber, die Columella verkümmert oder gar nicht mehr vorhanden und die spärlichen Sporen werden klein und rund, erzeugen aber bei neuer Aussaat wieder normalen, großen Mucor.

Der bisherige Entwicklungsgang dieses Schimmelpilzes umfaßt also die Bildung eines vegetativen Gewebes, des Mycelium, und die Produktion eines Trägers, der zahlreiche Knospen in einer einzelligen Kapsel erzeugt. Diese Sporenbildung kann unter Umständen den einzigen Vermehrungsprozeß des Mucor darstellen. Er entwickelt sich z. B. nach Brefeld[1]), bei künstlicher Kultur auf dem gläsernen Objektträger immer nur in dieser Form und erst bei Aussaat auf Pferdemist zeigt sich, daß der Pilz noch einer weiteren Ausbildung fähig ist.

Bei den auf Mist wachsenden Exemplaren begegnet man nicht selten deutlichen schwarzen Punkten (Fig. 8 a). Diese Punkte stellen die eigentliche Frucht, die Zygospore dar; sie entstehen an Exemplaren, deren Knospenform in der Regel nur wenig entwickelt ist. Die Fruchtbildung selbst wird durch einen Vorgang veranlaßt, den wir Copulation genannt haben. Es treten nämlich zwei gegen einander wachsende Myceläste (Fig. 7 m m) mit ihren Vorderflächen (Spitzen) eng an einander. Durch Scheidewandbildung gliedert sich an der Spitze jedes Astes eine Zelle ab, so daß die beiden neugebildeten Zellen einander berühren (Fig. 7 a). Die Berührungsfläche dieser beiden Zellen wird aufgelöst und dadurch aus den beiden Endzellen der zwei Aeste eine einzige Zelle gebildet, welche die junge Zy=

1) Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze. Heft 1. 1872. S. 20.

gospore darstellt (Fig. 8 a); dieselbe wird jederseits von den übrig gebliebenen Stücken der Aeste (Fig. 7 u. 8 b b), die jetzt Tragfäden oder Suspensoren heißen, gestützt. Die junge Zygospore vergrößert sich schnell. Auf der Außenseite entstehen warzige Erhabenheiten (Fig. 7 c, 8 w) als erste Anzeichen einer dicken, schwarzen brüchigen Außenhaut (Fig. 9 h), des Exosporium, das später nur da helle Stellen zeigt, wo zu beiden Seiten die leicht abfallenden Träger (Fig. 9 b b) gesessen haben. Dieselben glatten Stellen zeigen sich auch auf dem unmittelbar unter dem Exospor liegenden ungefärbten, noch dickeren, stumpfstacheligen Endosporium, der Innenhaut (Fig. 9 c) der Zygospore. Die beiden Häute, welche bei den meisten, für längere Dauer bestimmten Sporen unterschieden werden können, zeigen sich in ihrem Verhalten zu Reagentien verschieden. Hier ist die Außenhaut außerordentlich widerstandsfähig gegen Kalilauge, Salz- und Salpetersäure; die Innenhaut zeigt sich dagegen viel zarter und verhält sich wie Cellulose.

Bei der Keimung der Zygospore, welche etwa 6 Wochen nach der Aussaat erfolgte, erschienen beide Häute durchbrochen und der mit neuer eigener Membran versehene Inhalt trat in Form eines Schlauchs hervor, der sich etwa innerhalb dreier Tage zu einem ebensolchen Sporangienträger (Fig. 3 b und 9 d) ausbildete, den wir als ungeschlechtliche Fortpflanzungsform bereits kennen gelernt haben.

Auch hier kann eine Störung in der Entwicklung des ersten Sporangienträgers vor der Bildung seines Köpfchens das Hervorbrechen eines zweiten schwächeren Trägers aus derselben Zygospore oder die Ausbildung eines Astes (Fig. 9 f) an dem verunglückten ersten Träger (Fig. 9 d und e) hervorrufen.

Die Entwicklungsphasen, welche hier am Köpfchenschimmel bemerkbar, werden voraussichtlich bei fast allen andern Pilzen sich nachweisen lassen. Aus der keimenden Spore entwickelt sich im Allgemeinen ein vegetatives Gewebe, das je nach den gebotenen Vegetationsbedingungen kürzere oder längere Zeit (oft Jahre lang) sich fortbildet, bevor es zur Sporenbildung schreitet. Die Sporenbildung entspricht zunächst der Knospenbildung, indem einzelne Zellen des vegetativen Körpers sich ablösen und ein selbstständiges Mycel bilden. Später tritt in der Entwicklung der Pflanze ein Zeitpunkt ein, wo die bisherige Knospenbildung nachläßt, dafür aber auf dem Mycel einzelne Aeste zu Befruchtungsorganen ausgebildet werden. Das Produkt der Befruchtung, von welcher wir die Copulation als einfachsten Anfang ansehen, ist die Frucht, welche die Anlagen neuer Individuen in Form knospenähnlicher Gebilde, Sporen, enthält, deren weitere Entwicklung in der Bildung eines neuen Mycelkörpers besteht.

Zwar sind wir vorläufig noch nicht im Stande, bei allen Pilzen diesen Entwicklungsgang nachzuweisen; zwar sind viele Glieder dieser Familie so einfach gebaut, daß der ganze Lebensprozeß sich in einer oder nur wenigen Zellen vollzieht, wo also dieselbe Zelle erst vegetatives und dann reproduktives Organ ist; allein die bisherigen Forschungen drängen mit Nothwendigkeit zu der Annahme, daß die Glieder der Pilzfamilie dieselben Lebensakte aufzuweisen haben, wie die höher ent-

wickelten Pflanzen, die im Stande sind, aus anorganischer Nahrung ihren Körper aufzubauen.

Die Arbeit und die solche leistenden Organe sind nur in der Regel einfacher, trotzdem ein außerordentlicher Formenreichthum auch hier anzutreffen ist. Das vegetative Organ, welches, wie bald gezeigt werden soll, bei sehr einfachen Pilzen, aus derselben Zelle besteht, welche später auch die Reproduktion übernimmt, erscheint bei einigen der nächstverwandten Glieder als feinfädige Ausstülpung derselben Zelle; diese Ausstülpung nimmt nicht mehr an der Reproduktion Theil. Die in dieselbe Gruppe gezählten ächten Schimmelpilze haben bereits ein vielfach verzweigtes fädiges Mycel gebildet, wie es bei Mucor uns entgegentrat. Bei höher entwickelten Arten sehen wir die einzelnen flächenartig mit einander verklebten Mycelfäden zusammenhängende Häute bilden und bei langlebigen Mycelien vereinigen sich die einzelnen Fäden zu soliden, mit gefärbter Rinde versehenen harten Körpern, die wir Dauermycelium (Sclerotium) nennen. Das Gewebe eines solchen Dauermycels ähnelt dem Parenchym unserer Kulturpflanzen und wird daher mit dem Namen Pseudoparenchym belegt.



Fig. XX.

Dieselben Unterschiede, die bei der Mycelbildung sich zeigen, erscheinen auch bei den Trägern der Fortpflanzungsorgane. Bei den Schimmelformen, wie bei Mucor, war der Träger des Sporangiums ein einfacher Zellenfaden; als solcher erscheint auch der Träger bei dem gewöhnlichen Pinselschimmel Fig. XX, welcher die viel häufigere Knospenform der Pilze repräsentirt, bei der die Sporen frei (also von einer blasigen Mutterzelle nicht eingeschlossen) auf dem Träger stehen. Die Sporen (Conidien) stehen reihenweis auf kegelförmigen Astgliedern des einfachen Tragfadens (Hyphe) und stellen in ihrer Gesammtheit ein pinselähnliches Gebilde dar. Das Penicillium jedoch entwickelt bei sehr üppiger Kultur auch Formen, welche fleischige, baumartige, einige Mm. hohe Körper darstellen und aus einer Verschmelzung sehr vieler einzelner Träger entstanden sind, die sich an der Spitze wieder auflösen und nun ihre Sporenketten entwickeln. Diese Form wurde früher als besondere Pilzgattung (Coremium) beschrieben. Bei den höheren Formen, wie bei den Hut- und Bauchpilzen ist diese Zusammensetzung der Sporenträger des gestielten Hutes

aus solchen einzelnen, mit einander verbundenen und verwachsenen Fäden zur Regel geworden. Der ganze über der Erde erscheinende Champignon ist nichts anderes als ein derartig zusammengesetzter Sporenträger, der auf seiner Unterseite radial gestellte, blattartige zarte Häute (Lamellen) bildet. Auf diesen erheben sich senkrecht in dichter Schicht die Enden der Fäden, aus denen die Lamellen gebildet worden sind; diese Fadenspitzen (Basidien) endigen in kurze pfriemliche Stielchen (Sterigmen), von denen jedes eine Spore trägt. Die ganze Schicht bildet das Hymenium.

Auch die Beschaffenheit des Gewebes ändert bei den Fruchtträgern, wie bei dem Mycel ab. Bisweilen sind dieselben gallertartig, meist sind sie fleischig, nicht selten verholzt oder lederartig, aus pseudoparenchymatischem Gewebe gebildet, wie bei den lederartigen Hüllen des Boviste. Ueberall zeigt aber die Entwicklungsgeschichte die Entstehung der verschiedenen Gewebearten aus ebensolchen Fäden, wie sie die Schimmelpilze aufzuweisen haben.

Die Membran der einzelnen Pilzzellen ist in der Regel nur dünn und zart; bei denjenigen Arten dagegen, deren Lebensdauer eine längere ist, wie z. B. bei dem unsern Feuerschwamm liefernden Polyporus ist die Zellhaut oft so stark verdickt, daß der Innenraum der Zelle fast ganz verschwindet. Bei den gallertartig werdenden Theilen von Pilzen, wie z. B. bei der äußeren Hülle des mit dem Bovist verwandten Erdsterns, läßt sich die gallertartige Beschaffenheit fast immer auf das starke Aufquellen eines Theiles der Wandungen der einzelnen Zellen zurückführen.

Aus mehrfachen Analysen verschiedener Hutpilze geht hervor, daß der Wassergehalt des Pilzkörpers allerdings sehr groß ist, daß aber von der Trockensubstanz 19—36 % Proteïnsubstanzen sind. Reichlich sind ferner vertreten Mannit, Fumar- und Apfelsäure. Der Aschengehalt schwankt zwischen 3 — 11 %, während er bei Getreidearten und Hülsenfrüchten nur 2 — 2,5 % beträgt. In der Asche fanden Döpping, Schloßberger und Wicke[1]) einen außerordentlich bedeutenden Prozentsatz von Phosphorsäure und Kali. Es ergiebt sich ferner, daß die elementare Zusammensetzung der Pilzmembran dieselbe, wie die der Cellulose der phanerogamen Pflanzen ist; jedoch erscheint diese meist in einer Modifikation (Fungin), welche nicht die übliche Cellulosereaktion zeigt und auch nach dem Kochen in Kalilauge dieselbe nicht eintreten läßt. Reines Jod oder Chlorzinkjod oder Jod und Schwefelsäure färben die Membranen in der Regel gar nicht oder intensiv gelb. Die bekannteste Ausnahme hiervon machen einige Mucor- und Polyactis-Arten, sowie die Arten der Gattung Peronospora, welche eine Cellulosereaktion zeigen; nur der dazu gehörige Pilz der Kartoffelnaßfäule, die Peronospora infestans zeigt die blaue Färbung nach Jod und Schwefelsäure nur an den Hyphen (Fäden), die die Sporen tragen. Einige Pilzfäden werden auch schon durch Jod allein dunkelblau, wie z. B. die fadenför-

1) Hedwigia 1871. Nr. 6. S. 88

migen Auswüchse einiger Erysiphen (nach Tulasne), das Fruchtgewebe der Septoria ulmi (Mohl)[1]), so daß man in ihnen Stärkekörner vermuthete; allein genauere Untersuchung zeigt eine wirkliche Färbung der Membranen und bestätigt den Satz, daß Stärke in Pilzen nicht vorkommt[2]), ebensowenig wie Chlorophyll oder Gerbsäure. Nach C. O. Harz[3]) löst sich die Zellwand der Fadenpilze (Hyphomyceten) nicht selten, besonders in jugendlichem Alter, in concentrirten Mineralsäuren. Bei den meisten quillt sie in Glycerin allmälig zu durchsichtiger Gallerte auf (daher Aufbewahrung in Chlorcalcium). Von der Cellulose der Fadenpilze wie einzelner Hutpilze hat Harz nachgewiesen, daß sie nach Behandlung mit einem Gemisch von conzentrirter Schwefelsäure und rauchender Salpetersäure oder Salpeterpulver eine der Schießbaumwolle ähnliche Nitroverbindung giebt, welche bei Wärme oder Druck von selbst explodirt, aber in Aetherweingeist sich nicht zu Collodium löst.

Der Inhalt der Pilzfäden besteht in der ersten Zeit ihrer Entwickelung ausschließlich aus dem stickstoffhaltigen Protoplasma; bei zunehmendem Alter treten allmälig Vacuolen auf und noch später wird der Inhalt vollständig wasserhell; bei großer Trockenheit tritt auch wohl Luft an Stelle der Flüssigkeit. Ein Bestandtheil, welcher selten einem Pilze fehlt, ist das fette Oel, das in Form kleiner, oft gefärbter Tröpfchen im Protoplasma oder auch im wässerigen Zellinhalt enthalten ist. Die schöne orangerothe und gelbe Färbung, welche viele Pilze zeigen, rührt von diesen gefärbten Tröpfchen her; dagegen sind die braunen oder violetten Farben meist durch eine gefärbte Zellmembran hervorgerufen. Die scharlachrothe Färbung des Fliegenschwammes, sowie die blaugrüne mancher Hutpilze (Agaricus aeruginosus) scheint durch einen wässerigen Farbstoff bedingt zu sein, der sowohl dem Zellsaft beigemischt, als auch in der Membran selbst eingelagert ist. Bisweilen nehmen sonst ungefärbte Pilze den Farbstoff ihrer Unterlage auf, wie de Bary dies z. B. von dem Pilze der Kartoffelkrankheit beschreibt, den er auf rothen Knollen in violetter Färbung beobachtet hat. Auch Krystalle von oxalsaurem Kalk kommen ziemlich häufig vor; doch ist ihr Vorkommen innerhalb der Zellen des Pilzgewebes nur auf wenige Fälle beschränkt; meist erscheinen sie zwischen denselben oder noch in der Membran derselben abgelagert.

---

1) Karsten beobachtete Amylumreaktion an Sphärien-Stylosporen. Bot. Unters. II. S. 336.

2) Dem entgegen stehen vorläufig noch die Angaben von Hoffmann (Keimung der Pilzsporen. Jahrb. f. wissensch. Bot. II. S. 313): „Stärke habe ich (durch Blaufärbung nach einfachem Jodzusatz) mehrmals nachweisen können. Als Amyloid (formlos) bei Peziza vesiculosa, Bulgaria inquinans, in den Asci, gerade wie bei Hagenia, wodurch sich die Verwandtschaft zwischen Flechten und Thecasporen ankündigt. Nur im ersten, jugendlichsten Alter tritt die Reaktion nicht hervor (Pez. ves.). Sie scheint durch beginnende Verwesung (Maceration) begünstigt zu werden. — Der plastische Inhalt der Sporen und Keimfäden von Uredo Rosae und fulva, körnigteigig von Beschaffenheit, wird blau auf Zusatz von Jod (ohne und mit Schwefelsäure)."

3) Einige neue Hyphomyceten Berlins und Wiens von O. Harz. Hedwigia 1872. Nr. 8.


Taf. IV.
1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.
W. A. Meyn lith.

Dem Copulationsprozesse bei Mucor entspricht bei vollkommeneren Pilzen der eigentliche Befruchtungsakt, bei welchem (wie bereits erwähnt) zwei in Form und Inhalt als verschieden erkannte Organe auf einander einwirken, um eine Frucht mit Anlagen neuer Individuen zu bilden. Die Zahl der Pilze, an welchen direkte Befruchtungsvorgänge nachgewiesen, ist noch verhältnißmäßig klein, da sich die Aufmerksamkeit der Forscher erst in neuester Zeit auf diese Vorgänge gerichtet hat. Im Jahre 1860 beobachtete Karsten einen Vorgang auf dem Mycel des Champignon, den er als Befruchtungsakt ansieht. Oerstedt hat 5 Jahre später einen ähnlichen Vorgang an einem anderen Hutpilze (Crepidotus) beobachtet. Seit dieser Zeit haben de Bary und andere Forscher solche Befruchtungsorgane auch an Ascomyceten (Peziza, Erysiphe) nachgewiesen. Wenn man den Copulationsakt auch als Befruchtung auffaßt, dann läßt sich als Resultat derselben hinstellen, daß bei den Pilzen die Frucht entweder ein Dauergebilde in Form einer Spore (Zygospore hier) ist, welche zu einer ungeschlechtlichen Fortpflanzungsform (dem Sporangium tragenden Aste bei Mucor) auswächst, oder aber eine Anzahl Knospen enthält (Oospore bei Cystopus), oder endlich ohne vorhergehende Bildung einer solchen Dauerzelle direkt einen ungeschlechtlichen Sporenträger darstellt, wie dies der gestielte Hutkörper bei den Hutpilzen ist. Die Knospen dieser Fruchtträger entwickeln sich wieder zu einem Mycel, das später die Geschlechtsorgane trägt.

Die meisten Sporen können bald nach ihrer Reife keimen, wenn sie die geeigneten Bedingungen erhalten; nur einzelne, durch besonders derbe Membran ausgezeichnete Sporen bedürfen einer längeren Ruheperiode (Dauersporen). Um sich einerseits einen Begriff von der Schnelligkeit, mit welcher einzelne Sporen keimen, zu machen, andrerseits zu zeigen, wie lange manche Sporen ihre Keimkraft bewahren können, seien hier einige Beobachtungen von Hoffmann wiedergegeben. Derselbe fand[1]), daß die meisten Sporen kaum länger als 2 Tage brauchen, bis sie keimen. Sporen vom Staubbrande keimten bei 21—28⁰ nach 6 Stunden, bei etwas niedrigerer Temperatur nach 11 Stunden. Vier Jahr alte Sporen vom Hirsebrand keimten bei Zimmertemperatur nach 5 Tagen, während 2 Jahr 7 Monat alte Sporen von Staubbrand schon nach 2 Tagen Keimschläuche gebildet hatten u. s. w. Die Bedingungen für die Keimung bestehen in genügender Feuchtigkeit und Wärme. Es scheint keinen wesentlichen Unterschied auszuüben, wenn statt tropfbar flüssigen Wassers nur sehr feuchte Luft vorhanden ist, da der Niederschlag feiner Wassertröpfchen aus der Luft genügt; alle Theile der Pilzspore sind sehr hygroskopisch. Der erforderliche Wärmegrad im Allgemeinen ist schwer anzugeben; doch sind Fälle beobachtet worden, wo Sporen von Staubbrand schon bei + 0,5⁰ R. keimten; dagegen wurde die Keimung von Hirsebrandsporen erst bei + 4⁰ R. gesehen. Der Frost schadet ungekeimten Sporen unserer gewöhnlichen Schimmel und Brandarten nicht; gekeimte Sporen aber werden getödtet.

1) A. a. O. S. 302.

Uebrigens ist das Wärmebedürfniß bei den einzelnen Pilzen, wie bei den Phanerogamen verschieden. So giebt Zimmermann[1]) an, daß unser Pinselschimmel (Penicillium) bei wesentlich niedrigeren Temperaturen keimt, als der ebenso gewöhnliche Köpfchenschimmel (Mucor). Das Licht scheint bei der Mehrzahl der Arten wirkungslos, bedingt aber bei einigen ein Hinneigen nach der Lichtquelle.

Außer diesen Hauptagentien kommt bei vielen Pilzen als Bedingung eines gedeihlichen Wachsthums die geeignete Unterlage dazu. Je nach der Beschaffenheit des ernährenden Mediums ändert sich die Entwicklung des Organismus, und umgekehrt erleiden gewisse Substrate bestimmte Umänderungen durch einige Pilze. Die Bierhefe z. B. bedingt durch ihre Lebensweise die alkoholische Gährung zuckerhaltiger Flüssigkeiten.

Wie die Bierhefe wirken auch manche Schimmelpilze, wie dies von Bail[2]) im Jahre 1856 für die Sporen gewisser Mucorarten zuerst nachgewiesen und neuerdings von Neeß[3]) für Mucor Mucedo und M. racemosus bestätigt worden ist. Werden die Sporen letzterer Schimmel in gährungsfähige Flüssigkeit untergetaucht, so schwellen sie viel beträchtlicher an, als bei normaler Keimung und treiben aus mehreren Seiten statt der normalen Keimschläuche kurze blasige Ausstülpungen, die sich durch Scheidewände als kugelige Tochterzellen abgrenzen und nun den gleichen Sprossungsvorgang wiederholen. Die Sproßglieder trennen sich von einander und bilden die „Kugelhefe", welche alkoholische Gährung erzeugt. Nicht blos die Sporen, sondern auch die Mycelfäden der beiden genannten Mucorarten erzeugen Alkoholgährung, wobei sich das Mycel durch reichliche Querwände in kurze Glieder theilt; dieselben schwellen tonnenförmig an, trennen sich von einander und bilden ebenfalls Kugelhefe[4]). An der Luft auf andern Substraten kultivirt, wirkt der Mucor nur als Verwesungspilz, der den Sauerstoff der Luft dem Substrate zuführt. Aehnlich wirkt der blaugrüne Pinselschimmel (Penicillium glaucum), der übrigens nur die ungeschlechtliche Vermehrungsform, der Knospenzustand eines Schlauchpilzes ist[5]). In seiner Luftform stellt derselbe auf den meisten Substanzen in der Regel nur einen Verwesungspilz dar, welcher durch

1) „Das Genus Mucor." Dissert. 1871, cit. in Hoffmann's mykolog. Berichten III. S. 85.

2) Bail: Entwicklungsgeschichtliche Arbeiten in „Hedwigia" 1867. Nr. 12, cit. in Heintz' und Giebel's Zeitschrift f. d. ges. Naturw. 1868. S. 524.

3) Neeß: Bot. Untersuch. über die Alkoholgährungspilze. Leipzig 1870. S. 53.

4) Ueber den Einfluß des ernährenden Mediums auf die Gestaltentwicklung giebt Bail ein ausgezeichnetes Beispiel (Naturf. Ges. zu Danzig 9. Febr. 1870, cit. in „Hedwigia" 1870. Nr. 4. S. 57). In Fleischbrühe wachsende Mucor-Aeste entwickelten da, wo sie in Berührung mit einem Fettklümpchen kamen, eine Menge sehr feiner und verzweigter Nebenäste, welche sich nach dem Klümpchen hinbogen, mit zahlreichen, als Saugwürzelchen aufzufassenden Enden sich an dasselbe anlegten und so ein zierliches Netz, an größeren wohl auch eine gitterartig durchbrochene Kugel darstellten.

5) Brefeld: Entwicklungsgeschichte von Penicillium. Bot. Zeit. 1872. Nr. 14. S. 127.

Sauerstoffzuführung die Verbrennung seines Substrates zu Kohlensäure und Wasser befördert; dagegen in Tanninlösung gebracht, wirkt derselbe als Ferment (van Tieghem[1]).

Die meisten Pilze begnügen sich mit den aus der Zersetzung pflanzlicher oder thierischer Organismen hervorgegangenen Produkten; eine nicht unbeträchtliche Anzahl dagegen bedarf des lebenden Körpers zu ihrer Nahrung. Diese letzteren kommen hier namentlich in Betracht, da sie die Krankheiten der Gewächse verursachen; sie lassen sich in 2 Gruppen theilen, je nachdem sie im Innern des Gewebes ihrer Nährpflanze leben (Endophyten) oder nur die Oberfläche überziehen (epiphyte Schmarotzer). Bei beiden Gruppen beginnt die Keimung der Sporen außerhalb des Wirthes. Die aus den Sporen hervorgehenden Keimschläuche dringen bei den Endophyten meist durch die Spaltöffnungen ein; bei einzelnen allerdings gehört es zur Charakteristik ihrer Entwicklung, daß die Keimschläuche nie in eine Spaltöffnung eindringen, sondern stets die Wandungen der Oberhautzellen durchbohren. Der ganze plasmatische Inhalt der Spore dringt durch den meist sehr dünnen Theil des Keimschlauches, der die Zellwand durchbohrt, in das Innere der Oberhautzelle; hier schwillt der Keimschlauch bedeutend an und treibt Verzweigungen, während die auf der Außenfläche gelegene Spore abstirbt. Bei Peronospora infestans ist ein Eintreten der Keimschläuche sowohl durch die Spaltöffnungen als auch durch die Zellwand beobachtet worden. Die Mehrzahl der die Zellwände durchbohrenden Keimschläuche bedarf nun zu ihrer Weiterentwicklung einer ganz bestimmten Nährpflanze; auf der Oberhaut einer andern Pflanze keimen zwar die Sporen, aber sterben alsbald wieder ab. Dieses Wahlvermögen der Pilze, das bei genauerem Studium noch manchen Aufschluß über das sog. Befallen gewisser Kulturpflanzen zu geben verspricht, geht aber noch weiter, indem sich zeigt, daß eine Anzahl von solchen Schmarotzern ganz bestimmte Organe, z. B. einen Fruchtknoten erreichen muß, um zur Fruchtbildung zu gelangen und so lange im unfruchtbaren Zustande der Mycelbildung verharrt, bis der geeignete Boden gefunden ist. Daher läßt es sich erklären, daß ein Pilz schon Monate vorher im Innern der Pflanze wuchern kann, ohne bemerkt zu werden und plötzlich, wenn die Pflanze sich zur Fruchtbildung anschickt, in staunenswerther Menge auch seine Fortpflanzungsorgane entwickelt. Die Untersuchungen der letzten Jahre haben in dieser Beziehung unsern Blick noch mehr erweitert und Verhältnisse kennen gelehrt, die von der durchgreifendsten Bedeutung für Wissenschaft und Praxis geworden sind. Wir meinen die Pleomorphie und den Generationswechsel.

Bis zum Jahre 1851 war die Meinung geltend, daß bei den Pilzen, wie bei den höher entwickelten Gefäßpflanzen jede Art nur in einer einzigen bestimmten Gestalt auftreten könne. Da trat um diese Zeit Tulasne mit der Beobachtung hervor, daß in der Familie der Pyrenomyceten (Kernpilze) manche Spezies eine

1) Cit. bei Reeß a. a. O. S. 48.

ganze Reihe von Fruktifikationsformen zeigen können. Somit war zunächst ausgesprochen, daß das Gesetz der Pleomorphie im Pilzreiche zur Geltung kam. Es ergab sich aber gleichzeitig, daß die einzelnen Formen (Morphen), in denen eine einzige Pilzart ihren Entwicklungsgang durchlief, in einer ganz bestimmten Reihenfolge nach einander auftreten und die letztgebildete Fruchtform durch die Keimung ihrer Sporen das erste Entwicklungsstadium der eben durchlaufenen Formenreihe wieder erzeugte, wodurch somit ein neuer Kreislauf eingeleitet wurde. Diese regelmäßige Aufeinanderfolge der Formen führt den Namen Generationswechsel. Bei vollständig beobachteten Kernpilzen gewahrt man z. B. zuerst Formen, welche, den Fadenpilzen gleich, auf einfachen Hyphen einzelne oder gehäufte, runde oder längliche Knospen (Conidien) tragen; in späteren Stadien treten zahlreiche, aus dichten Pilzfäden gebildete, meist in das Gewebe der Nährpflanze eingesenkte Becherchen auf (Spermogonien mit Spermatien). An Stelle derselben oder neben denselben entwickeln sich Behälter mit keimfähigen Knospen (Pycniden mit Stylosporen); endlich erscheint die vollkommenste Fruchtform als häufig isolirte, freistehende, schwarze, hart berindete Kapsel, welche in Schläuchen eine bestimmte Anzahl von Sporen erzeugt, die durch ihre Keimung wieder den ersten Fadenpilzzustand hervorrufen. Durch die von de Bary zuerst gemachten Beobachtungen ist aber noch ein weiterer Einblick in das Pilzleben gewonnen worden. Bei einzelnen Rostpilzen nämlich zeigt sich, daß gewisse im Generationswechsel auf einander folgende Formen nicht mehr auf derselben Nährpflanze, die die vorhergehenden Formen getragen, zur Entwicklung gelangen, sondern eine bestimmte andere Nährpflanze brauchen. Somit bedarf ein solcher Rostpilz zu seiner vollständigen Entwicklung mehrerer Wirthe, die in der Regel sehr verschiedenen Familien angehören. Dieser nothwendige Wohnortswechsel, den der Pilz vornehmen muß, ist mit dem Namen Heteröcie im Gegensatz zur Autöcie (Wohnortsbeständigkeit) bezeichnet worden.

Ein genaueres Eingehen auf die Lebenserscheinungen einzelner Pilze, wie auf die Aushauchung von Wasserstoffgas, die Ausscheidung von tropfbar flüssigem Wasser, das phosphorescirende Leuchten gewisser Gattungen, würde den Plan der Arbeit zu sehr erweitern. Die Formen, in denen die verschiedenen Entwicklungsstadien der Pilze auftreten, konnten hier in der Einleitung nur angedeutet werden. Durch die Vorführung einzelner Krankheiten wird sich das Bild, das hier von dem Baue und Leben der Pilze entworfen, erweitern und vervollkommnen lassen.

Die Reihenfolge, in welcher wir die durch Schmarotzerpilze verursachten Krankheiten besprechen, ergiebt sich von selbst, wenn wir versuchen, die einfachsten Schmarotzer zunächst kennen zu lernen. Wir nennen eine Pflanze „einfach“ in Beziehung auf ihre Gliederung. Je mehr verschiedene Glieder am Individuum vorhanden sind, je mehr für die einzelnen Arbeitsleistungen des Körpers besondere Organe vorhanden, um so vollkommener heißt der Organismus und die Systematik ordnet nach der Ausbildung der Organe die Geschöpfe in eine aufsteigende Reihe möglichst scharf begrenzter Familien und Klassen. Eine scharfe Trennung giebt es

aber in der Natur nicht; überall finden sich Uebergänge, welche eine Familie und Klasse mit einer andern verbinden, ja auch die großen Reiche der Thiere und Pflanzen mit einander vermitteln. Auch unter den Pilzen sind solche Vermittlungsstufen anzutreffen. Die Gruppe der Schleimpilze (Myxomyceten), zu denen die gelbe Lohblüthe (Aethalium septicum) gehört, enthält Organismen, die in manchen Stadien ihres Lebens durchaus thierähnlich sind und noch jetzt von bedeutenden Forschern in die Nähe der Wasserthiere, welche unsere Badeschwämme (Spongia) liefern, gezogen werden möchten [1]). Andere Organismen, welche wir zu den Algenpilzen (Phycomyceten) rechnen, stellen ein Bindeglied zwischen der Klasse der Algen und der der eigentlichen Pilze dar; sie werden z. Th. auch noch als chlorophylllose Algen aufgezählt, wie z. B. die Saprolegniaceen, bei denen der vegetative Theil aus einer einzigen langen, schlauchartigen, verzweigten Zelle besteht, die auf todten, im Wasser liegenden Insekten sich ansiedelt und nur durch den Mangel an Chlorophyll sich von einer verbreiteten Algengattung (Vaucheria) unterscheidet. Andere noch einfacher gebaute Gattungen derselben Pilzfamilie, die Chytridien und Synchytrien berühren die Palmellaceen unter den Algen.

Von diesem Bindegliede der Phycomyceten gehen in zwei divergenten Richtungen die übrigen Pilze aus, die wir als Basidiomyceten und Ascomyceten bezeichnet haben. Die ersteren lassen sich nach Wohnort und Lebensweise in zwei Unterordnungen theilen, von denen die vollkommenste die der Basidiomyceten im engeren Sinne darstellt. Hierher gehören die Hutpilze wie unser Champignon, Fliegenpilz, Steinpilz u. s. w., welche Vertreter der Pilzfamilie der Hymenomyceten sind, bei welchen die Fruchtschicht, das Hymenium einen Theil der Außenfläche des Fruchtträgers bekleidet; hierher gehört ferner eine zweite Familie, die der Bauchpilze oder Gasteromyceten, welche durch den Bovist am deutlichsten gekennzeichnet werden dürfte und welche dadurch charakterisirt ist, daß das Hymenium die innere Auskleidung eines kapselartigen Fruchtträgers bildet. Eine dritte Familie, die der Tremellineen, die sich durch ihre gallertartige Beschaffenheit auszeichnet, bietet als Beispiel das auf schwarzem Hollunder wachsende Judasohr (Exidia Auricula Judae). Die zweite Unterordnung der Basidiomyceten, welche als Hypodermii bezeichnet werden, bewohnen das Parenchym der lebendigen Pflanze, während die Gattungen der erstgenannten drei Familien meist auf verwesenden Pflanzenresten am Erdboden leben. Die Hypodermii, deren Sporen erst bei der Reife aus der Nährpflanze hervorbrechen, umfassen die Familie der Brandpilze (Ustilagineen) und der Rostpilze (Uredineen), deren Charakterisirung weiter unten folgen wird.

Die zweite Richtung in der Entwicklung der Pilze wird vertreten durch die Ordnung der Ascomyceten, welche durch die frei in Schläuchen entstehenden und

---

1) Conspectus familiarum cryptogamarum secundum methodum naturalem dispositarum auctore Cohn, cit. in Hallier's Zeitschrift für Parasitenkunde. 1872. Heft III. S. 292.

liegenden Sporen ausgezeichnet sind. Zu dieser Ordnung gehören die Familien der Pyrenomyceten (Kernpilze), der Tuberaceen (Trüffeln), der Discomyceten (Scheibenpilze) und einige andere. Die Kernpilze bilden mehr oder weniger geschlossene oberirdische Gehäuse (Perithecien), in denen die Schläuche mit den Sporen liegen. Die Trüffeln sind ganz oder theilweis unter der Erde wachsende Schlauchpilze, deren Schläuche in einer Fleischmasse eingebettet liegen und deren Schlauchsporen meist stachelig sind. Die Scheibenpilze haben ihre Sporenschläuche frei auf der Oberseite ihres meist schalen- oder kopfförmigen Fruchtträgers (cupula) stehen. Hier bei den Ascomyceten finden wir die Uebergänge zu den Flechten.

Bei den einfachsten Schmarotzern der Ordnung der Phycomyceten beginnend, tritt uns zunächst die Familie der Chytridiaceen entgegen.

§. 2. Phycomyceten.

A. Chytridiaceen. (Tafel V.)

Als Krankheitserzeuger ist aus dieser Familie die Gattung Synchytrium hervorzuheben, welche kleine gallenartige Auswüchse, „Pusteln“, an den Pflanzen hervorruft. Der Grund, weßwegen überhaupt die kleine Familie hier erwähnt worden, beruht nicht in dem Schaden, den sie unsern Kulturpflanzen verursacht, da sie bisher nur meist an wildwachsenden Pflanzen beobachtet worden ist; die Erwähnung geschieht vielmehr darum, weil wir durch das Studium der Gattung Synchytrium einen Einblick in das Leben eines algenähnlichen, einfachen Schmarotzers erhalten, bei welchem eine Gliederung in ein vegetatives und reproduktives System noch gar nicht stattgefunden. Wir begegnen dem Schmarotzer als einzelliger Kugel im Innern einer Zelle der Nährpflanze. Die Zelle des Wirthes ist ohne sichtbare Verletzung und wir glauben eine Stütze der früher bei Laien und Botanikern geltenden Ansicht vor uns zu haben, daß das vorliegende Gebilde ein aus der Zersetzung der Säfte der Nährpflanze hervorgegangener Afterorganismus ist. Dies ist jedoch nicht der Fall.

Die kleine, oft gefärbte Kugel ist ein Pilz, der einen großen Theil seines Lebens hindurch nur aus einer einzigen Zelle besteht. Diese Zelle dringt im jugendlichen Zustande in die Nährpflanze ein, indem sie eine Zellwand derselben durchbohrt. In dieser einzigen Zelle der Nährpflanze verbringt der einzellige Schmarotzer seine ganze vegetative Periode, um sich zu Ende derselben mit einer dicken Hülle für den Winter zu versehen. Nach der Ueberwinterung beginnt ein neues Leben. Im Innern der dickwandigen Schmarotzerzelle, des Synchytrium, entstehen Tochterzellen, welche wiederum Tochterzellen zweiten Grades einschließen und diese stellen die Sporen dar, welche nun zur Fortpflanzung des Parasiten dienen. Die ursprüng-

lich vorhandene Zelle ist also jetzt zur Urmutterzelle geworden; die rein vegetative dünnwandige Kugel ist zum dickwandigen, den Winter überdauernden Reproduktionsorgan, zu einer Dauerspore, geworden, die im Frühjahr ihre Membran zersprengt und die kleinen Enkelzellen heraustreten läßt. Die neuen Gebilde sind rundliche, durch äußerst feine Härchen oder Wimpern in einem Wassertropfen lebhaft sich bewegende Knospen oder Sporen, die ihrer Beweglichkeit wegen Schwärmsporen oder Zoosporen genannt werden. Diese bohren sich von Neuem in die Zellen einer Nährpflanze, um den geschilderten Entwicklungsgang wieder zu beginnen.

Die Verletzungen, welche die Synchytrien den Pflanzen überhaupt verursachen, sind unbedeutender Art. Die Zelle, in welche sich eine Schwärmspore hineingebohrt hat, schwillt bedeutend an. Die nächsten Zellen der Umgebung vergrößern sich ebenfalls häufig; sie wuchern über die ursprünglich befallene Zelle hinweg und bilden meist kleine Knötchen, die sich über die Oberfläche der Pflanze erheben. Solche gallenartige Wuchergewebe haben dann für das unbewaffnete Auge große Aehnlichkeit mit den durch Insekten hervorgerufenen Bildungen, genauere Untersuchung zeigt aber bald den wahren Sachverhalt, der an einem bestimmten Beispiele im Folgenden genauer erörtert werden soll. Wir wählen die

I. Pustelkrankheit der Skabiosen.
Synchytrium Succisae de By. (Tafel V.)

Der Schmarotzer befällt die blaue, selten weißblühende, an feuchten Wiesenstellen wachsende Feldskabiose (Succisa pratensis Mnch., Scabiosa Succisa L.). Nach den Beobachtungen von Schröter[1]) sucht sich dieser Parasit, wie viele der andern Synchytrien die am feuchtesten stehenden Pflanzen der Wiese aus, deren an trockenen Standorten befindlichen Exemplare oft ganz verschont bleiben. Die Blätter, von denen die wurzelständigen am meisten leiden, erscheinen nicht verunstaltet, sondern nur goldgelb punktirt. Synch. Succisae gehört nämlich zu derjenigen Abtheilung der Synchytrium-Arten, deren Protoplasma orangegelb gefärbt ist, während eine andere Abtheilung, wie S. Anemones auf unserer Waldanemone stets farbloses oder weißes Protoplasma besitzt. Nur wenn viele der kleinen Pusteln auf dem Blattrande stehen, verdickt und verkrümmt sich derselbe. An den Stengeln tritt der Parasit am unteren Theile in langen, gelben, später braunen Schwielen auf.

Sucht man den Schmarotzer in jungen Blättern auf, so findet man ihn gewöhnlich in einzelnen Oberhautzellen in Form kleiner (0,004 Mm. Durchmesser zeigender) Kugeln, deren Wand äußerst dünn, deren Inhalt noch weiß ist oder

1) Schröter: „Pflanzenparasiten aus der Gattung Synchytrium“ in „Beiträge zur Biologie der Pflanzen“ von Cohn. Breslau 1870. Heft I.

schwach röthlich zu werden beginnt (Fig. 13). Indem die Kugeln allmälig ihre normale Größe von 0,01—0,017 Mm. Durchmesser erhalten, wird ihre Membran dicker und deutlich von dem durchgängig orangerothen Inhalt separirt (Fig. 1 a). Die befallenen Oberhautzellen, welche zuerst sich kaum von ihren Nachbarn unterscheiden, schwellen mit dem Wachsthum des Parasiten an und allmälig beginnen auch die Zellen der nächsten Umgebung zu schwellen und sich zu vermehren, wodurch sie eine Hülle um die direkte Nährzelle des Parasiten bilden (Fig. 1 h). In diesem Stadium erscheint die Oberfläche des befallenen Pflanzentheils wie mit blaßgrünen, in der Mitte vertieften Perlen besetzt. Im Grunde der Vertiefung jeder Perle schimmert der orangegelbe Parasit hindurch. Spätere Entwicklungsstadien zeigen nun, daß aus der herangewachsenen Kugel sich der orangegelbe Inhalt in Form eines zusammenhängenden Plasmaklumpens herausgedrängt hat. Die aufgedunsene Oberhautzelle enthält jetzt in ihrer oberen Hälfte die in Bildung von Tochterzellen bereits begriffene gelbe Plasmamasse (Fig. 2 sp h) und unter ihr die von derselben losgestreifte ursprüngliche Membran (Fig. 2 m).

Die feine Haut, welche die Tochterzellen zusammenhält, läßt sich leicht zersprengen und die durch gegenseitigen Druck innerhalb ihrer gemeinsamen Hülle verschieden gestalteten kleinen Körperchen (Fig. 3) werden frei. Diese Körperchen erweisen sich nicht als einfache Zellen, sondern als Mutterzellen, als Sporangien; ihre Zahl kann bis 150 betragen; ihr Inhalt ist mennigroth, die Membran wird dick und farblos ohne Cellulosereaktion. Wenn man frische Blätter voll derartig entwickelter Parasiten mit Wasser begießt, zeigen diese Sporangien oft schon innerhalb 24 Stunden ihren Inhalt in eine große Menge kleiner Kügelchen zerklüftet (Figg. 4 und 5), welche allmählig in eine erst langsame, dann immer schnellere wimmelnde Bewegung gerathen und dann anfangen, durch eine oder zwei schon vorher erkennbar gewesene aufgetriebene Stellen des Sporangiums herauszutreten (Fig. 6) und sich im Wasser schwärmend zu vertheilen: die Bildung von Schwärmsporen, dieser bei den Algen so häufigen Knospengebilde, ist erfolgt. Die meisten Schwärmsporen sind rundlich, etwa 0,002—0,003 Mm. lang, an einem Ende etwas zugespitzt und mit einer einzigen langen Wimper versehen (Fig. 7); manchmal begegnet man doppelt so langen, cylindrischen Exemplaren (Fig. 8). Die Bewegung ist bisweilen hüpfend oder bohrend, als ob sie in eine Zelle sich einbohren wollten.

Ein solches Einbohren muß in der That endlich stattfinden; denn wenn man die Schwärmsporen auf ein junges Blatt aussäet, gewahrt man schon am nächsten Tage eine Anzahl derselben in die Oberhautzellen hineingewandert, vergrößert und den jungen Zuständen ähnlich, denen man sonst in der Nährpflanze begegnet.

Sich selbst überlassen, wandern die Schwärmsporen namentlich in diejenigen Zellen, welche die ursprüngliche Nährzelle des Parasiten überwachsen (Fig. 9) und die Pustel- oder Perlenbildung hervorrufen. Aus dieser neu eingewanderten Generation wird aber nun nicht gleich wieder eine zur Sporangienbildung fähige Masse,

sondern die jungen gelbrothen, kugeligen, meist zu mehreren in einer Zelle (bis 120 in einer Pustel) liegenden Parasiten umkleiden sich allmälig mit einer braunen brüchigen Haut, unter welcher sich eine zweite zähe, farblose Membran zeigt (Fig. 12). Diese braunen Sporen sind nicht fähig, sich sofort weiter zu entwickeln; sie bedürfen einer gewissen Ruhezeit, während welcher der Inhalt eine Reihe Veränderungen erleidet (Dauersporen). Die Größe derselben schwankt, je nachdem sie zu mehreren (Fig. 10 d) oder einzeln in einer entfernteren Zelle der Nährpflanze liegen, zwischen 0,05—0,08 Mm. und mehr; sie erscheinen in eine braune, unregelmäßig gestaltete Masse (Fig. 10 p) eingekittet. Diese Masse ist der Inhalt der Zelle, welche der Parasit getödtet hat.

Was wird nun aus diesen braunen, den Winter überdauernden Individuen? Darauf antworten die Untersuchungen von Woronin[1]), die allerdings an einem andern Synchytrium, das auf dem Bingelkraute wächst, an S. **Mercurialis** angestellt worden sind. Im nächsten Frühjahre, wenn Blätter und Stengel verwest und die Dauerzellen des Schmarotzers frei geworden, tritt der Inhalt derselben (Fig. 11 sp) durch ein kleines rundes Loch in der braunen Hülle heraus. Dieser Inhalt ist umgeben von der sackartigen, ungefärbten, durch Jod und Schwefelsäure violett werdenden Verlängerung der farblos bleibenden inneren Auskleidung der Dauerzelle (Fig. 11 h); von letzterer bleibt schließlich nur noch die entleerte braune Hülle (Fig. 11 e) an der Basis der weißen undurchsichtigen Blase, die jetzt den Inhalt birgt. Die Umhüllung der Blase öffnet sich durch einen Riß. Der protoplasmatische Inhalt, welcher sich schon innerhalb der Blase in eine große Anzahl locker zusammenhängender, polyedrischer Zellen (Fig. 11 sp) getheilt hat, fällt heraus und die einzelnen Zellchen vertheilen sich in irgend einem Tropfen Wasser, den Thau oder Regen zurückgelassen. Aus dem an Plasma und Fett reichen Inhalt dieser Zellchen entstehen Schwärmsporen, welche nun im neuen Jahre den Entwicklungscyclus des vorhergehenden wiederholen.

Aehnlich verhalten sich auch die anderen bis jetzt bekannten Arten, von denen noch zu erwähnen wäre Synchytrium Taraxaci de By und Wor. auf unserm Löwenzahn (Taraxacum offic. Web.); ferner Synch. Stellariae Fkl. auf den Blättern des gemeinen Sternkrautes (Stellaria media Vill.). Diese 3 goldgelben Arten bilden bei Schröter*) die Abtheilung Eusynchytrium, welche dadurch ausgezeichnet ist, daß auf der lebenden Pflanze aus der eingegrabenen Schwärmspore allmählig ein kugeliger Haufen von Sporangien hervorgeht und erst am Schluß der Vegetationsperiode Dauersporen entstehen. Alle übrigen Arten bilden aber gleich Dauersporen aus den Schwärmsporen der Sporangien, die in großen Massen die Dauerspore nach der Winterruhe entleert. Nach der Farbe ihres Protoplasma's zerfallen sie in die Abtheilungen Chrysochytrium und Leucochytrium. Zu ersterer Abtheilung, die ebenfalls noch durch hell- oder goldgelbes Protoplasma ausgezeichnet ist, gehören Synch. lactum Schroet., das auf dem gelben Milchstern (Gagea lutea Schult.) schmarotzt; ferner S. Myosotydis Kühn.

---

1) Woronin: Neuer Beitrag zur Kenntniß der Chytridieen. Bot. Zeit 1868. Nr. 6 u. 7.
*) A. a. O. S. 39.

auf dem steifen Vergißmeinnicht (Myosotis stricta Lk.) und der Bauernschminke (Lithospermum arvense L.); eine Varietät des Pilzes S. M. var. Potentillae ist auf dem Silberfingerkraut (Potentilla argentea L.) beobachtet worden. Endlich ist hier noch zu nennen Synch. aureum Schroet. auf dem Pfennigkraut (Lysimachia Nummularia L.), dem Wiesenschaumkraut (Cardamine pratensis L.) und der gemeinen Prunella (Prunella vulgaris L.). Nach neueren Beobachtungen von Dr. Schneider in Breslau findet sich S. aureum auf mehr denn 60 verschiedenen Nährpflanzen, unter denen Fraxinus, Rubus und andere Gehölze in jungen Exemplaren hervorzuheben sind [1]. Zur letzten Abtheilung Leucochytrium mit weißem Protoplasma gehören 1. Synchytrium Mercurialis Fuck, auf dem ausdauernden Bingelkraut (Mercurialis perennis L.); 2. S. Anemones (DC) Wor. auf Windröschen (Anemone nemorosa L.) u. An. ranunculoides L.); 3. S. globosum Schroet. auf Veilchen (Viola persicifolia Schnk. und V. canina L.); 4. S. anomalum Schroet. auf Adoxa Moschatellina L. 5. Synch. punctatum Schroet. auf dem Wiesen-Milchstern (Gagea pratensis Schult.).

Wir haben bereits anfangs erwähnt, weßwegen auf diese Familie der Phycomyceten genauer eingegangen werden muß. Der Uebergang zu den Algen, von denen einige bereits ebenfalls als Parasiten nachgewiesen [2] worden, ist so deutlich, daß bewährte Kenner beider Klassen des Pflanzenreiches die Familie der Chytridiaceen als chlorophyllose Algen in der That aufgeführt haben [3]. Wir betrachten aber grade den Chorophyllmangel und die dadurch bedingte Unfähigkeit des Organismus, ohne organische Nahrung leben zu können, als charakteristische Eigenschaft der Pilze und sehen daher auch diese Schmarotzer für solche an; von ihnen aus finden sich Bindeglieder zu den mit reichlichem Mycel versehenen unzweifelhaften Pilzen. Solche Bindeglieder liefern schon einige Gattungen der Chytridiaceen selbst, nämlich zunächst der bisher als Chytridium [4] Olla bezeichnete Schmarotzer, welcher auf Oedogonium wächst. Chytridium Olla zeigt bereits die erste Anlage eines Mycels durch die Abgrenzung des unteren Theiles der Zelle zu einem in die Nährzelle sich einbohrenden Wurzelende oder Saugfortsatz (Haustorium). Wir haben hier also eine zweizellige Pflanze [5], deren eine Zelle die Arbeit des Mycels

---

1) Synchytrium aureum Schroet. forma Ranunculi ist ein höherer Pilz, Phlyctidium (Pseudopeziza) Ranunculi Walli (s. Correct. in Centurie XVII von Rabenhorst's Fungi europaei).

2) Cohn: Schles. Ges. f. vat. Kultur, bot. Section 12. Mai 72 erwähnt parasitische Cladophoraarten im rothen Thallus der Florideen; Reinke fand Nostoceen im Gewebe von Gunnera; Janczewski erklärte die von Milde im Laube von Lebermosen aufgefundenen Conidienschnüre für ebensolche Nostoc-Colonien. Cohn selbst entdeckte eine sich an Synchytrium ihrer Entwicklung nach anschließende chlorophyllführende Alge: Chlorochytrium Lemnae Cohn im Gewebe einer Wasserlinse (Lemna trisulca) und in diesen Schmarotzer wandern nun wieder andere Algen aus der Familie der Nostoceen.

3) Alex. Braun: Ueber Chytridium, eine Gattung einzelliger Schmarotzergewächse auf Algen und Infusorien. Abh. d. Kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1855/56.

Derselbe. Chytridium und Rhizidium in Verh. d. Ak. d. W. 1. Dezember 1856.

4) Die Gattung Chytridium ist noch einfacher, wie Synchytrium. Bei Chytrid. bilden sich direkt wieder Schwärmsporen aus der ursprünglich eingewanderten Mutterzelle, ohne daß diese erst Sporangien entwickelt.

5) Kny: Sitzungsberichte der Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin. 20. Juni 1871, cit. in Bot. Zeit 1871. S. 870.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.
W. A. Meyn lith.

übernimmt, die andere als Sporangium der Vermehrung dient. Bei der damit nächstverwandten Gattung Rhizidium ist das dem Mycel entsprechende Haustorium mehrfach verästelt. Sehen wir in dieser Familie nur Andeutungen einer solchen Gliederung in vegetative und reproduktive Organe, so finden wir in der ihr zunächst verwandten Familie der Saprolegniaceen diesen Unterschied schon scharf ausgesprochen. Die Saprolegniaceen sind Pilze, welche meist auf im Wasser faulenden Insektenkörpern vegetiren. Auch hier zeigen sich thierähnliche Knospen, Schwärmsporen; neben diesen treten aber auch Fortpflanzungsorgane (Oosporen) auf, welche durch einen direkten Befruchtungsakt entstanden sind. Am Ende einzelner Mycelzweige, welche keulig aufschwellen und sich später durch eine Scheidewand abgrenzen, entstehen die Geschlechtsorgane, von denen männliche und weibliche meist auf demselben Individuum gleichzeitig erzeugt werden. Das kugelige Ende des Zweiges bildet das weibliche Organ (Oogonium), in dessen Nähe die mehr fadenförmigen männlichen Zweige (Antheridien) entstehen, die mittelst kleiner Ausstülpungen in das bisweilen schon vorher mit Löchern versehene Oogonium eindringen oder bei getrennt stehenden diöcischen Pflanzen bewegliche Samenzellen (Spermatozoiden) entlassen, welche das Oogonium aufsuchen. Dadurch wird der Inhalt des weiblichen Organs zur Spore (Oospore) ausgebildet, welche nach einer Ruheperiode direkt mit einem Keimschlauch keimt.

Die vollkommenste Stufe dieses algenverwandten, durch Schwärmsporen ausgezeichneten Bildungstypus sehen wir in der Familie der Peronosporeen, an die sich in mancher Hinsicht die in der Einleitung durch den Köpfchenschimmel vertretenen Mucorineen anschließen.

B. Peronosporeen (Tafel VI).

Diese Familie besteht nur aus den beiden parasitischen Gattungen Peronospora und Cystopus. Die Vertreter der ersten Gattung sehen wir als Ursachen der Kartoffelkrankheit, der Mohnkrankheit u. s. w. auftreten; zum Theil in Gemeinschaft mit ihnen kommt Cystopus als weißer Ueberzug auf den verkrümmten Stengeln des Hirtentäschelkrautes (Capsella bursa pastoris) vor; ferner findet man diese Gattung als Ursache einer Krankheit des Leindotters (Camelina sativa Crntz) und auf den Wurzelblättern der weißen Rübe (Brassica Rapa var. esculenta K.) und einer großen Anzahl wilder Pflanzen, an denen sie den weißen Rost oder Schimmel verursachen.

Wir haben den deutschen Namen „Schimmel“ zur Bezeichnung dieser Pilzfamilie gewählt, um analog den Bezeichnungen Rost, Rußthau, Mehlthau durch den Namen eine ungefähre Andeutung zu geben, in welcher Weise dem bloßen Auge die Parasiten erscheinen. Wenn nämlich das im Inneren des Pflanzentheiles reich verzweigte, scheidewandlose Mycel, das zwischen den einzelnen Zellen hinkriecht und nur seitliche Saugwarzen in die Zellen hineinsendet, sich anschickt, die unge-

schlechtlichen Vermehrungsorgane zu bilden, so brechen entweder aufrecht stehende, isolirte, baumartig verzweigte Hyphen in großer Anzahl durch die Spaltöffnungen hervor und bilden einen flockigen, bisweilen sehr schnell vergänglichen weißen oder grauen Anflug auf den manchmal mißgestalteten Pflanzentheilen (Peronospora) (Fig. 2[1] h), oder aber das Mycel bildet unter der Oberhaut der Nährpflanze eine dichte Fruchtschicht (Hymenium) von keuligen (Fig. 3), dicht bei einander stehenden Zweigen, welche die Sporen tragen. Diese Schicht durchbricht endlich die Epidermis und erscheint als zusammenhängende weiße Masse (Cystopus). Der Volksmund bezeichnet zwar diese Erscheinungen zum Theil mit dem Namen „Mehlthau", allein wir reserviren diesen Namen für jene, die Nährpflanze nicht verkümmernde, mit ihrem Mycel blos die Oberfläche der Pflanzentheile überspinnende Pilzgattung Erysiphe, welche bei Wein-, Rosen- und Pfirsichblättern, sowie vielen anderen Pflanzen staubige weiße Ueberzüge verursacht.

Die Knospen, welche die Peronosporen erzeugen (Fig. 2 sp), sind häufig nicht einfache Sporen, sondern Sporangien und zwar Zoosporangien, da dieselben die früher bereits erwähnten beweglichen Knospen (Schwärmsporen oder Zoosporen) enthalten. Die frei gewordenen, in einem Thau- oder Regentropfen schnell beweglichen Zoosporen (Fig. 4 z) keimen, zur Ruhe gelangt, mit einem Keimschlauche. Einige Arten von Cystopus haben an der Spitze einer solchen Sporangienreihe eine etwas derbwandigere, inhaltsärmere Zelle, welche keine Zoosporen entwickelt, sondern keimungsunfähig ist oder (nach Tulasne) mit einem gewöhnlichen Keimschlauche keimt[1]). Von den Zoosporen bei dem Pilze der Kartoffelnaßfäule (Peronospora infestans) ist beobachtet worden, daß sie die Cuticula und die Wand der Epidermiszelle durchbohren und mit ihrem Keimschlauche in das Innere der Zelle eindringen (Fig. 6 z); dabei wandert das gesammte Protoplasma der Zoospore in den innerhalb der Zelle befindlichen aufschwellenden Keimschlauch (Fig. 6 k) hinein, welcher nun die untere Wand der Epidermiszelle auch durchbricht, um in die Zwischenzellräume zu gelangen und dort zum vollkommenen Mycel sich auszubilden. Bei Cystopus candidus, dem Schimmel der Saatkresse (Lepidium sativum) und des Hirtentäschelkrautes sind Zoosporen beobachtet worden, die sich in der Nähe einer Spaltöffnung festsetzten und ihren Keimschlauch durch dies Athmungsorgan in die Intercellularräume direkt hineintrieben; die Entwicklung des Keimschlauches zum Mycel konnte aber nur beobachtet werden, wenn die Schwärmsporen auf die jungen ergrünten Keimblätter des Samenpflänzchens gelangten.

Das Mycel wächst also in einzelnen Fällen bestimmt mit der Nährpflanze in die Höhe, um an den Stengeln, Blättern oder auch in den Blüthenorganen die sporentragenden Zweige in die Luft hinauszusenden. Aber nur eben diese Knospensporen tragenden Zweige suchen Luft und Licht, dagegen bleiben diejenigen Zweige, an denen sich die Befruchtung vollzieht, im Inneren der Nährpflanze. Die Ab-

1) de Bary: Morphologie und Physiologie der Pilze ꝛc. 1866. S. 176.

bildungen stellen den Befruchtungsvorgang an Peronospora Alsinearum Casp. dar[1]). Die Enden einzelner kurzer Zweige (Fig. 7 h) schwellen, nachdem das Mycel längere Zeit in der Pflanze vegetirt hat, keulig an; in dieser angeschwollenen Spitze sammelt sich reichlich das Protoplasma, grenzt sich durch eine Querwand vom Mycelfaden ab und sondert sich darin zu einer dichteren, fettreichen Kugel, der Befruchtungskugel (Fig. 7 p), und einer durchsichtigeren äußeren Schicht (Fig. 7 o). Der abgegrenzte Theil des Zellenfadens stellt das weibliche Organ, das Oogonium, dar (Fig. 7 og). Zum männlichen Organe, der Antheridie, bildet sich ein anderer kurzer Zweig von demselben oder einem benachbarten Mycelfaden aus; der Zweig wächst auf das Oogon zu und legt sich, nachdem er sich etwas verdickt und den verdickten Theil vom Mycelfaden ebenfalls durch eine Scheidewand abgegrenzt hat, endlich dicht (Fig. 7 a) an das weibliche Organ. Eine feine Spitze des Antheridiums (Fig. 7 sch) durchbohrt nun die Haut des Oogoniums und erreicht die innere Plasmakugel (Fig. 8 sp), die Oosphäre. Letztere bildet sich dadurch, daß der Inhalt des Antheridiums durch die geschlossen bleibende Wandung seiner Spitze in Wechselwirkung mit der Befruchtungskugel tritt, zu einer braunen, doppelwandigen Kugel aus. Die äußere Haut derselben, das Episporium, ist dick, braun, bald warzig, bald runzelig oder mit Leisten versehen; die innere Haut ist ungefärbt mit deutlich erkennbarer Schichtung. Die reifende Oospore (Fig. 8 sp) liegt nun in durchsichtiger Flüssigkeit innerhalb des bei einigen Arten zarten, bei andern stark verdickten Oogoniums.

In diesem Zustande überdauern die reifen Oosporen den Winter. Ihre Keimung ist bisher auf zweierlei Weise beobachtet worden. Bei Cystopus candidus schwillt nach de Bary bei Wasserzutritt das Endospor mit seinem Inhalte auf und tritt durch einen Riß des zersprengten Epispors als breite Ausstülpung hervor. Das Protoplasma bildet sich dabei zu Zoosporen aus, die in der mittlerweile zur großen Blase ausgeweiteten Ausstülpung ihre Bewegung beginnen, frei werden und sich nun ebenso verhalten, wie die in den ungeschlechtlich erzeugten Sporangien, welche das Mycel auf den kurzen keuligen Knospenträgern bildet. Bei einer Peronospora (P. Valerianellae) dagegen wurde keine Zoosporenbildung beobachtet, sondern gesehen, daß ein Keimschlauch sich sofort aus der Oospore entwickelte.

Die verderblichste Art der ganzen letztgenannten Gattung ist schon mehrfach erwähnt als Ursache der

I. Naßfäule der Kartoffeln.
Peronospora infestans (Mont.) de By.[2]) (Tafel VI.)

Wir bemerken die Krankheit zunächst auf den Blättern der Kartoffel und zwar in der Regel nur dann, wenn sie in größerem Maßstabe auftritt; dies findet vor-

1) Nach de Bary: Morphologie und Phys. d. P. 2c. 1866. S. 158.

2) Syn. Peronospora devastatrix Casp., P. Fintelmanni Casp., P. trifurcata Ung., Botrytis infestans Mont., B. devastatrix Lieb., B. fallax Desm., B. Solani Harting.

zugsweise im Juli oder August statt. Bei genauerem Nachsuchen aber findet man vereinzelte Erkrankungsfälle in jedem Jahre auch schon im Mai und Juni auf einzelnen Blättchen, welche erst etwas gelblich, alsbald braun und dann schwarz werden[1]) (Brandflecken). Zunächst zeigen sich an den Blättern kleine derartige Flecken, die häufig mit einem weißlich schimmernden Rande umgürtet sind (Fig. 1 k); bei feuchtwarmer Witterung wird sehr schnell das ganze Blatt schwarz; in wenigen Tagen können ganze Felder im Kraut von der Krankheit vernichtet sein. Fast immer geht aber ein weißer Reif auf der noch grünen Blattfläche dem Absterben voran.

Bei genauerer Untersuchung der weißbereiften Stellen sieht man aus den Spaltöffnungen des Blattes aufrechte, querwandlose[2]), baumartig verzweigte Pilzfäden mit oft etwas aufgetriebener Basis hervortreten (Fig. 2² st). Zuerst erscheinen dieselben auf der Unterseite der Blätter; im vorgeschrittenen Krankheitsstadium auch auf der Oberfläche. Die 2—4 Seitenzweige eines jeden Bäumchens schwellen an ihrer Spitze citronenförmig an und diese aufgetriebene Stelle sondert sich durch eine Scheidewand von dem übrigen Theile des Pilzfadens ab; so entsteht das citronenförmige Sporangium (Fig. 2 sp).

Die Querwand, welche das Sporangium von dem Träger abschnürt, liegt etwas unterhalb der Anschwellung, so daß jedes Sporangium dadurch ein kleines Stück Träger als Stielchen erhält. Binnen 10 Minuten ist die Abgliederung erfolgt und gleichzeitig legt sich das bis dahin vertikal stehende angeschwollene Endglied (Sporangium) horizontal, so daß es jetzt rechtwinklig auf seinem Zweige steht. Die Spitze dieses Zweiges, die oben das erstgebildete Sporangium bei Seite geschoben, wächst nun pfriemenförmig weiter zum neuen Träger, der an der Stelle, wo das erste Sporangium steht, eine schmal-flaschenförmige Anschwellung zeigt. Bald darauf erscheint an der jetzigen Spitze ein zweites Sporangium, das ebenfalls alsbald zur Seite gedrückt wird. Dieser Bildungsprozeß kann sich bis zehn Mal und wohl noch öfter wiederholen, so daß dann jeder Zweig ebensoviel seitlich stehende Sporangien aufzuweisen hat. Dieselben sind aber, sobald sie ihre Drehung gemacht haben, dem Träger nicht mehr angewachsen, sondern nur noch angeklebt. Die Membran des Stielchens ist bei der Reife bis zum Verschwinden des Innenraumes verdickt, an seiner Basis schon gallertartig und in Wasser ungemein aufquellend. Die angeklebten Sporangien fallen daher bei der geringsten Erschütterung ab, so daß man nur die flaschenförmigen Anschwellungen (Fig. 2¹ f) als Maßstab der Anzahl gebildeter Knospen übrig hat. Diese Anschwellungen, sowie die nach-

1) Nicht alle Brandflecken der Kartoffelblätter sind durch Peronospora hervorgerufen; die trockenen brandigen Stellen, die im August bei trockenem Wetter beobachtet werden, enthalten Sporidesmium fuscum Bon., Cladosporium Herbarum Lk., Stemphylium, Ascophora, Sporotrichum, Trichothecium. (Hoffmann in Myk. Berichten d. Bot. Zeit. 1860. S. 53.)

2) Schacht u. Holle haben Scheidewände beobachtet. (Ueber den Kartoffelpilz von Dr. von Holle. Bot. Zeit. 1858. S. 40.)

einander folgende Entwicklung der Sporangien bilden mit das charakteristische Unterscheidungszeichen für Peronospora infestans von andern, wie P. parasitica, Alsinearum und effusa, welche bei der Kultur im feuchten Raume nur jedesmal eine Knospe an der Spitze ihres Trägers entwickeln, ohne daß eine Anschwellung entsteht[1]). Die Wand des Sporangiums ist derb und namentlich an der Spitze verdickt. Der Inhalt solcher Kapsel (Fig. 4 [1] u. [2]) tritt erst heraus, wenn sie abfällt[2]) und in einen Tropfen Wasser gelangt. Durch die geplatzte Wandung drängen sich nun ovale, einseitig etwas abgeplattete, mit einer vorn und hinten hinausragenden Wimper versehene Gebilde von gallertartigem Aussehen, die, sich im Wasser um ihre Längsachse drehend, leicht sich fortbewegen (Fig. 5). Es sind dies die Zoosporen des Pilzes, welche nach etwa $^1/_2$ Stunde zur Ruhe gelangen, sich abrunden und einen Keimschlauch treiben. Zuweilen keimt auch das ganze Sporangium, ohne erst Schwärmsporen zu entwickeln, mit einem zum Mycel sich ausbildenden Keimschlauche aus (Fig. 4 [3 u. 4]). In anderen Fällen bildet sich erst eine secundäre Spore, die aus der Spitze des einfachen kurzen Keimschlauches entsteht. In Fig. 4^3 stellt sp das ursprüngliche Sporangium dar, von dessen kurzem Keimschlauche die Conidie c sich abgliedert.

Wenn die Sporangien oder Zoosporen auf ein Kartoffelblatt gefallen sind und auskeimen (Fig. 2^2 sp), wächst ihr Keimschlauch durch die Spaltöffnungen hinein, oder durchbohrt häufiger auch die Wandung einer Zelle (Fig. 6), um in's Innere der Pflanze zu gelangen. Die durchbohrte Stelle wird braun; ebenso färben sich oft die angrenzenden Zellen, ohne daß sie von einem Pilzfaden berührt werden. Der grüne Farbstoff wird zerstört, die Stärke aufgelöst, der ganze Zellinhalt braun und humos; die Zelle stirbt ab. In dem Grade, wie nun die Fäden, deren Saugorgane gewöhnlich fehlen[3]), weiter fortschreiten, verbreitet sich die Zerstörung des Zellgewebes. Aeußerlich bezeichnet der durch reichliche fruchttragende Hyphen ausgezeichnete weiße Ring um einen jeden Fleck die dem Tode zunächst verfallenden Stellen. Mit dem Tode des Zellgewebes verschwindet auch der Pilz; er lebt nur auf den noch frischen Pflanzentheilen.

Ein ganz ähnliches Durchbohren der Oberhaut und Eindringen des Pilzes ist auch an den jugendlichen Knollen beobachtet worden, wobei die Fäden bisweilen eine violette Färbung annehmen, wenn sie in die Farbstoffschicht der rothen Kartoffeln eindringen; der beste Beweis, wie der Pilz seiner Umgebung die Nahrung entzieht. Da, wo die querwandlosen Mycelfäden in der Knolle sich ausbreiten, erscheinen äußerlich braune Stellen, an denen die Oberhaut in der Regel einge=

---

1) de Bary u. Woronin: Beiträge zur Morphologie und Physiologie d. Pilze. II. Reihe 1866. S. 35.

2) Bei direktem Sonnenlichte bilden sich keine Schwärmsporen. (de Bary: Ueber Schwärmsporenbildung 2c. Bot. Zeit. 1861. S. 47.)

3) de Bary: Recherches sur le développement de quelques Champignons parasites, cit. in Hoffm. mykol. Ber. d. Bot. Zeit. 1865. S. 72.

sunken und das darunter liegende Gewebe etwa bis 3 Millm. tief in die Knolle hinein braun gefärbt ist.

Bei der Identität des Blatt- und Knollenpilzes ist es natürlich ganz gleichgültig, woher bei künstlichen Infektionsversuchen die Sporangien genommen werden. Es werden die Blätter die Knollen und umgekehrt letztere die ersteren anstecken, ebenso wie erwiesen ist, daß die Krankheit sich von einer Knolle auf die andere fortpflanzt. Solche künstliche Infektionsversuche sind vielfach versucht worden und haben in vielen Fällen ein positives Resultat ergeben (Speerschneider[1]), Hoffmann[2]). Wenn viele Versuchsansteller (Karsten, Kühn, Scholz, Sorauer 2c.) auch constatirt haben, daß naßfaule Knollen, die noch stückweise gesund gewesen, bei trockener Aufbewahrung gesunde Knollen im nächsten Jahre lieferten, so liegt darin kein Beweis, daß der Pilz nicht die Ursache der Krankheit sei, sondern nur, daß die Vegetation des Pilzes bei sehr vorsichtiger trockener Aufbewahrung gehemmt worden ist und derselbe nicht Gelegenheit gefunden hat, in die gesunden Augen hineinzuwachsen, so lange ihr Gewebe noch sehr jung war. Auch Speerschneider a. a. O. S. 124 spricht aus, daß Trockenheit die Erkrankung aufhält und selbst verhütet. Bei der gewöhnlichen, nur praktisch ausführbaren Aufbewahrung der Knollen in großen Haufen, wird sich nicht nur der Pilz in der jungen Knolle verbreiten, sondern auch von einer Knolle auf die andere übertragen, da in feuchten Aufbewahrungsräumen sich der in der Knolle wuchernde Pilz zur Knospenbildung anschickt, wie dies durch Kühn[3]) neuerdings genau festgestellt worden ist. Kühn fand, daß kranke Knollen, die durchschnitten worden, sehr bald an den Schnittflächen zahlreiche Sporangien entwickelten. Ebenso brechen Sporenäste an den Augen hervor und zwar nicht blos bei künstlich geimpften Exemplaren, sondern auch schon im Boden. Bei Anbauversuchen mit Gühlich'schen Knollen nach Gühlich'scher Methode, die später besprochen werden soll, fand Kühn an frisch aus dem Boden entnommenen Exemplaren an den Augen und auch an anderen Stellen, deren Korkschale durchbrochen, weiße Pilzrasen von fruktificirender Peronospora infestans, die häufig noch kräftiger als auf den Blättern entwickelt war. Durch diese Wahrnehmungen ist es jetzt sehr leicht erklärlich, daß kranke Knollen Ansteckungsheerde für benachbarte gesunde werden können. Ein jeder Regentropfen kann bei der Durchsickerung durch den Boden von einer kranken Knolle Sporangien auf eine darunterliegende gesunde übertragen. Die aus dem Sporangium ausgeschlüpften Schwärmsporen keimen, durchbohren die Korkschale und wachsen in die neue Knolle hinein, die bei der Ernte noch keine Spur von Erkrankung zu zeigen braucht; dieselbe wird erst im Aufbewahrungsraume ausgebildet und auf bis dahin wirklich gesund gewesene übertragen. Solche

1) Bot. Zeit. 1857. No. 8.

2) Bot. Zeit. 1860. S. 53.

3) Kühn: Kartoffelkrankheit, (deren Verbreitung im Boden und ihr Umsichgreifen in Kellern und Mieten). Zeitschr. d. landw. Centralv. d. Prov. Sachsen. Wochenbl. d. Preuß. Annal. d. Landw. 1871. No. 11.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin. W. A. Meyn lith.

spät in der Miete inficirte Knollen zeigen dann häufig äußerlich nur schwer oder nicht erkennbare Spuren der Krankheit und werden als gesundes Saatgut wieder auf den Acker gebracht, wo es dann bei den für den Pilz günstigen Witterungsbedingungen nicht selten geschieht, daß die Mycelfäden in die jungen Triebe hineinwachsen. Daß die Krankheit von solcher Mutterknolle sowohl in die oberirdischen, als unterirdischen Triebe hineinwachsen kann, dafür sprechen die Erscheinungen, daß ganz jugendliche Stengel schon unter den Symptomen der Krankheit absterben und daß nach Payen[1]) bei Knollen mit langen Ausläufern sich beobachten läßt, wie die der Mutterknolle zunächst liegenden neuen Kartoffeln zuerst erkranken und von da die weiter entfernt liegenden.

Auf das Vernichten der jugendlichen Triebe kommt Kühn in seinen Berichten über die Gülich'sche Anbaumethode ebenfalls zu sprechen. Er erwähnt[2]) eine doppelt interessante Beobachtung. Die in ihrer Entwicklung verschieden weit fortgeschrittenen Varietäten erkrankten gleichzeitig, aber in sehr verschiedenem Grade. Dies erklärt Kühn dadurch, daß zwei bestimmte Zeitabschnitte im Leben der Kartoffel existiren, in denen die Pflanze am empfindlichsten für die Krankheit ist. Der erste Zeitpunkt ist die Jugend. Junge Triebe erliegen am schnellsten der Krankheit; ausgewachsene zeigen dagegen eine große Widerstandsfähigkeit. Nach diesem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium soll aber nach Kühn wieder eine Periode großer Empfänglichkeit eintreten; tritt diese Periode nebst günstigen Entwicklungsbedingungen für den Pilz Ende Juli oder Anfangs August ein, so sieht man die in der Ausbildung vorgeschrittenen Frühkartoffeln rasch durch den Parasiten absterben, während er auf anderen Sorten um so langsamer Platz greift, je spätreifer sie sind.

Auch frühreife Sorten, die außergewöhnlich spät gelegt sind, haben von der Krankheit wenig zu leiden, während dieselben Sorten, in der gewöhnlichen Zeit gelegt, bald vom Pilz zerstört werden. Derselbe genaue Beobachter führt in der unten angegebenen Arbeit einen Versuch vom Jahre 1864 auf, wodurch obiger Ausspruch direkt bestätigt und gleichzeitig auch ein Beleg für das Hervorgehen gesunder Pflanzen aus kranken Knollen beigebracht wird. Dieselbe Thatsache ist neuerdings von Brettschneider (Neue landw. Zeit. 1872 S. 231) und von Neeß (Zeitschr. d. landw. Centralv. d. Prov. Sachsen 1872 No. 4) beobachtet worden, wodurch es immer wahrscheinlicher wird, daß nur unter bestimmten Verhältnissen das Hinaufwachsen des Pilzmycels aus der Knolle in den Stengel stattfindet. Solche Verhältnisse können darin bestehen, daß das Mycel zwar in die Knolle, aber nicht bis in die wachsenden Augen zu der Zeit gelangt, wo die Triebe noch jung sind und von der Mutterknolle ernährt werden. Bei dem Ver-

1) Maladie des pommes de terre etc. Paris 1853.

2) Berichte aus dem physiolog. Laboratorium und der Versuchsanstalt des landw. Instituts der Universität Halle 1872. S. 81 u. 82.

suche von Kühn wurden nämlich zur späten Aussaat Knollen verwendet, die zu einem erheblichen Theile bereits von der Krankheit zerstört worden waren und nur durch trockne Aufbewahrung einige gesunde Augen behalten hatten. Von diesen Knollen blieben die überhaupt erschienenen Triebe bis zum Herbste frischgrün, während die gleichen Varietäten bei den rechtzeitig im April gelegten Knollen im Kraut total zerstört waren [1]).

---

[1]) Diese Thatsachen weisen darauf hin, daß der Pilz einen bestimmten Mutterboden für seine Entwicklung braucht und nur in einer bestimmten Feuchtigkeitssphäre vegetiren kann. Starkes Begießen der Pflanze und feuchte Luft, sagt de Bary (Champignons parasit. cit. in Hoffm. Mykol. Ber. d. Bot. Zeit. 1865. S. 73) begünstigen außerordentlich die Entwicklung des Parasiten. Ist dieselbe für eine längere Zeit nicht gegeben, so steht die Peronospora in ihrem Wachsthum still und wenn nachher eine entsprechende Feuchtigkeit wieder eintritt, ist der richtige Nährboden für das Gedeihen nicht vorhanden und der Schmarotzer bleibt wirkungslos oder geht zu Grunde. Als Beweis, wie groß der Einfluß der Luftfeuchtigkeit, dient eine Beobachtung von de Bary (Beitr. z. Morph. und Phys. d. Pilze II. Reihe 1866. S. 35). Nach dieser entwickeln Stückchen kranker Knollen in feuchter Luft sehr reich und leicht die sporentragenden Zweige, welche senkrecht von der Unterlage abstehen. Eine nur vorübergehende Aufbewahrung in trockner Luft ruft ein Collabiren und eine Drehung der Sporenträger um ihre eigne Achse hervor; damit ist ebenso, wie durch direkte Berührung ein Stillstehen im Wachsthume des Trägers für immer bedingt. Wenn wir voraussetzen, daß das, was für die Sporenträger gilt, auch auf die fortwachsende Spitze eines Mycelfadens sich erstreckt, so können wir folgenden Vorgang in der Entwicklung der Krankheit annehmen: Gesetzt, wir haben naßfaule Knollen, bei denen die weitere Zerstörung durch trockne Aufbewahrung sistirt worden ist, spät in den Boden gebracht. Die Triebe der gesund gebliebenen Augen haben sich schon im Aufbewahrungsraume entsprechend entwickelt und die vorgeschrittene Jahreszeit begünstigt die sehr schnelle Entfaltung der angelegten Triebe. Diese schnelle Entfaltung wird sich darin zeigen, daß die Wurzeln, welche um jedes Auge mehrfach angelegt und nur durch die Trockenheit bisher zurückgehalten waren, sich schnell strecken und dem jungen Triebe Nahrung zuführen. Der dadurch schon großentheils von der Knolle emancipirte Trieb erstarkt und reift schnell; da die höhere Tagestemperatur und der intensivere Lichteinfluß schnellere Verdickung der Zellwände hervorrufen. Dies bezieht sich namentlich auf den ältesten Theil, die Basis des Triebes, dessen Zellwände hier stark verholzt und mit Kalk inkrustirt sind; der Zellinhalt ist darin auf ein Minimum reduzirt.

Wenn in diesem Stadium des Triebes das Mycel aus der kranken Knolle auch durch reichliche Feuchtigkeit zu erneueter Thätigkeit sich erholt und nach der Gegend der gesunden Augen hinwächst, so findet es dort nicht mehr denselben Boden zu seiner Entwicklung. Statt der jugendlichen dünnen Zellwände findet es starre, verholzte Membranen und statt des reichlichen Protoplasma ist ein stickstoffarmer Inhalt an die Stelle getreten. Wenn nun auch das Mycel die Fähigkeit hat, starke Zellwände zu durchbohren, wenn es nun auch zwischen den älteren Zellwänden hinwachsen könnte, so fehlt ihm doch die stickstoffreiche Nahrung, die der Pilz dem Zellinnern zu entziehen gewohnt ist; auch die Kohlenhydrate, deren der Pilz bedarf, sind in dem Gewebe der nahezu reifen Stengelbasis nur noch sehr schwach vertreten. Nur der Stärkering enthält noch nennenswerthe Mengen von Stärkekörnchen. Somit fehlt für die Ernährung des Pilzes der geeignete Mutterboden und die Peronospora verhält sich etwa wie die Bierhefe in einer Lösung, deren Zucker verbraucht worden, d. h. sie wächst nicht weiter, zehrt sich theilweis selbst auf und geht zum großen Theil zu Grunde.

Wir übertragen also die Krankheit von einem Jahre auf das andere durch die Knollen selbst und wenn die günstigen Bedingungen zur Entwicklung des Mycels in die jungen Triebe hinein im Frühjahr vorhanden, so haben wir auf dem Kartoffelacker in den meisten Fällen einige Exemplare, welche ihre im Verhältniß zum Mycel dickwandigeren Sporenäste endlich aus den grünen oberirdischen Theilen heraussenden und neue Knospen erzeugen. Ist um diese Zeit die Witterung der

---

Im jungen Triebe findet der Pilz dagegen alle Wachsthumsbedingungen und ist er zeitig genug an der Basis eines solchen angelangt, wächst er mit diesem in die Höhe. Zur Erklärung einer zweiten von Kühn beobachteten Empfänglichkeitsepoche dient dieselbe Voraussetzung, daß der Pilz eines bestimmten Nährmaterials, das sich in der Form jugendlichen, kräftig vegetirenden Pflanzengewebes darstellt, zur Entwicklung bedarf. Aeltere Blätter mit ihrem an Stickstoff, Kali u. s. w. ärmeren Zellinhalte und ihren kalkreicheren Wandungen bieten so wenig, wie ältere Stengel günstige Entwicklungsbedingungen für den Pilz; dieselben werden aber um so reichlicher noch vorhanden sein, je mehr eine Pflanze noch junge Triebe entfaltet. Je mehr aber eine Pflanze der Reife sich nähert, desto geringer ist das Wachsthum, also auch die Neubildung von Zweigen, desto mehr wandert die erarbeitete Stärke nach den Knollen hinab. Der Reifezustand tritt um so schneller ein, je mehr Wärme und Licht die oberirdischen Pflanzentheile empfangen; ebenso begünstigt der in der warmen Jahreszeit trockene Boden das Reifen.

Wenn nun in der Vegetationszeit der Kartoffel starke Regengüsse eintreten und die Pflanze in neue Wachsthumsenergie versetzen, so wird sich dieselbe bei den verschiedenen Pflanzen verschieden äußern.

Die früh gelegten Knollen haben Triebe, deren Spitzenwachsthum fast erloschen und deren Gewebe mit Ausnahme der Augen fast gänzlich in Dauergewebe übergegangen ist. Die Stauden waren bereits der Reife nahe und ihre Triebe sind mehr oder weniger bereits zur Erde geneigt. Der Druck des nun plötzlich in großen Mengen neu aufgenommenen Bodenwassers wirkt auf diejenigen Augen am stärksten, die der Vertikalen am nächsten liegen und wir sehen nun an der Basis der niederliegenden älteren Triebe eine Menge Augen sich zu neuen Trieben entfalten. Diese jungen Triebe sind ein prächtiger Heerd für die Peronospora, die nun große Verwüstungen anrichten kann.

In anderer Weise wirkt die Regenperiode auf die weniger reifen Stauden spät gelegter Knollen. Die Triebe sind noch in kräftigster Vegetation und ihre im Längenwachsthum noch begriffenen Spitzen, welche durch ihre fortgesetzten Neubildungen die Strömung des plastischen und des Wurzelsaftes nach ihrem Vegetationskegel hin beibehalten haben, verwenden den neu eingetretenen Wurzeldruck zwar auch zu gesteigerter Neubildung; hier wachsen aber die Spitzen der alten Triebe weiter. Der Wasserdruck wirkt eben hier in der ganzen Länge der entwickelten Triebe, macht deren gesammtes Gewebe turgescenter und regt die Lebensthätigkeit der ganzen Pflanze, nicht mehr einzelner Augen an. Die erneute Wachsthumsenergie äußert sich daher bei der großen Vertheilung auf die ganze Pflanze in viel geringerem Grade durch reichliche Neubildungen.

Bei spät gelegten Knollen werden sich also die angelegten Triebe verlängern, sowie sich die angelegten Knollen vergrößern werden; bei früh gelegten, fast reifen Stauden wirkt der Wasserdruck auf die Seitenaugen und es bilden sich in Folge dessen viele oberirdische Zweige und viele unterirdische Zweige an den Knollen d. h. Puppen. Der Pilz sucht den besten Vegetationsheerd, also die jugendlichen Theile am meisten, und auf diese Weise leiden die fast abgereiften, durch plötzlichen Regen verjüngten Stauden früh gelegter Knollen mehr, als die in der Entwicklung weniger weit fortgeschrittenen späten oder spät gelegten frühen Sorten.

Entwicklung der Peronospora günstig, so werden diese einzelnen Pflanzen Infektionsheerde, welche alsbald ganze Felder anstecken können.

Dabei kann es dann vorkommen, daß bei länger dauerndem Winde aus einer bestimmten Richtung die Sporangien von einem höher gelegenen kranken Felde in Massen nach einem tiefer gelegenen geführt werden und, wenn sie dort günstige Keimbedingungen finden, plötzlich die Krankheit erzeugen, während das erste Feld, auf dem die Sporangien entstanden sind, weit weniger ergriffen wird. Unter solchen Umständen kann ein Regen die plötzlich vom Winde auf einen Kartoffelacker geführten Sporangien zu den Knollen hinabspülen und die Naßfäule erzeugen, während das Kraut wenig krank erscheint. Hierbei mag ein direkter Versuch erwähnt werden, den Kühn im Jahre 1864 ausgeführt hat[1]). Eine Anzahl früh-, mittel- und spätreifer Sorten wurde in 2 Fuß entfernten Reihen von 100′ Länge angebaut, deren Richtung von Norden nach Süden verlief und auf deren südlicher Hälfte das Kraut am Boden abgeschnitten wurde, sowie die erste Spur der Krankheit wahrnehmbar geworden. Das Abschneiden erfolgte bei allen Sorten gleichzeitig (am 3/8.).

Die nördliche Hälfte der gesammten Versuchsreihen behielt ihren Blattapparat, der, je nach der Empfänglichkeit der Sorten, sehr ungleichzeitig, bei allen aber bis zur Erntezeit (Mitte Oktober) durch den Pilz zerstört wurde. (Nur Heiligenstädter und Erdbeerrothaugen hatten noch einige grüne Blätter.) Diejenige Hälfte des Versuchsackers, welche bei den allerersten Spuren der Krankheit entlaubt worden war, zeigte aber viel mehr kranke Knollen als die belaubt gebliebene, was sich eigentlich nur durch die Annahme erklären läßt, daß zahlreiche Sporen von der belaubten Parzelle auf die entlaubte hingeweht worden sind.

Aus dem bisher Erwähnten ist ersichtlich, welche bedeutende und schnelle Ausbreitung die Krankheit erlangen, mit welcher Leichtigkeit eine Ansteckung der unterirdischen Organe von den oberirdischen aus geschehen kann und mit welcher Sicherheit die Krankheitsursache von einem Jahre in das andere hinübergebracht wird, selbst wenn wir von einer durch Delius[2]) aufgestellten Hypothese ganz absehen, daß auch der Dünger keimfähige Sporen unter Umständen auf das Feld bringt und wenn wir gänzlich unbeachtet lassen, daß auch die Peronospora infestans noch andere Ver-

1) Im angeführten Berichte. S. 82.

2) Delius (Zeitschrift des landw. Centralvereins d. Provinz Sachsen 1870. S. 92) beobachtete, daß die Kartoffeln der kleinen Leute häufig mehr an Fäule litten, als die seinigen, obgleich bisweilen sogar das Saatgut von ihm eingetauscht worden war. Als wesentliche Ursache dieser Erscheinung sieht D. das Verfahren der Leute an, die Kartoffeln, unter denen sicherlich kranke sind, noch zu verfüttern. Es liege dann die Möglichkeit sehr nahe, daß Pilzsporen unzerstört durch den Darmkanal in den Mist und von da auf den Acker gelangen. Dasselbe geschieht durch Einstreuen von Kartoffellaub in Ställen und das Ausfahren dieses Düngers auf Kartoffeläcker. Demgemäß empfiehlt es sich, die Kartoffeln zum Futter stets zu kochen und, wo möglich, das Kartoffellaub und faule Kartoffeln gleich auf den Composthaufen zu bringen und diesen Compost später auf die Wiesen zu fahren.

breitungs- und Ueberwinterungsorgane in der Form von Oosporen haben muß, die bis jetzt noch gar nicht aufgefunden worden sind.

Es ist übrigens für die Praxis zunächst ohne Bedeutung, ob, wie Einige vermuthen, die Oosporen auf anderen Pflanzen sich entwickeln, oder ob sie bei uns überhaupt nicht vorkommen und nur im Vaterlande der Kartoffel zur Ausbildung gelangen, wo nach de Bary und Willkomm die Krankheit schon früher aufgetreten und von wo sie bei uns wahrscheinlich eingeschleppt worden ist[1]). Wir haben an der Erfahrung festzuhalten, daß die Verbreitung der Krankheit durch die Knospenform bewirkt wird, die Ueberwinterung der Peronospora durch die Knollen der Kartoffel geschieht.

An diese Thatsachen haben sich alle Versuche zu halten, die zur Bekämpfung der Krankheit in Aussicht genommen werden; denn leider haben wir immer noch von der Zukunft die bestimmten Mittel gegen die Krankheit zu erhoffen, da sie die Gegenwart noch nicht zu bieten im Stande ist.

Daß die allerverschiedenartigsten Versuche zur Bekämpfung der Krankheit schon angestellt worden und daß die landwirthschaftlichen Akademien und Versuchsstationen seit dem Jahre 1862 im Auftrage des Preußischen Ministeriums für landwirthschaftliche Angelegenheiten mit der Auffindung von Mitteln sich alljährlich zu beschäftigen haben, darf als bekannt vorausgesetzt werden. Ausführliche Angaben darüber enthalten die Berichte der Centralkommission für das agrikulturchemische Versuchswesen, in den Monatsheften der Annalen der Landwirthschaft Bd. XLIV, XLIX und LVII.

Die sämmtlichen Untersuchungen sollten zunächst neben der Wiederholung der Speerschneiderschen Impfversuche sich auf das Auffinden von Mitteln erstrecken, welche den Pilz zu tödten im Stande wären, ohne der Nährpflanze schädlich zu sein. Meistentheils wandte man sich dabei der Samenbeize oder der Beimengung von pilzfeindlichen Stoffen zum Boden zu und die in den Jahren 1864/65 gemachten Versuche ergaben, daß es durch Zusatz von Quecksilbersublimat und arseniksaurem Kali zu dem Kartoffelboden gelungen ist, die Krankheit zu verhüten. Kupfervitriol, Aetzkalk, Schwefel und Gips hatten keine oder doch nur sehr zweifelhafte Wirkung. Selbst wenn fortgesetzte Versuche eine Bestätigung der Wirksamkeit obiger Mittel feststellen sollten, schließt der hohe Kostenpunkt derselben doch jede Anwendung im Großen aus. Eine neue Variante dieser Versuche ist in den letzten Jahren in dem Sjösten'schen Verfahren aufgetreten. Dasselbe besteht im Wesentlichen in der Anwendung von Petroleum, das in einem Gemisch von Kohlenlösche und Kalk in und auf den Acker gebracht werden soll. Das Verfahren hat sich

---

1) Es spricht für diese Ansicht der Umstand, daß sich eine Anzahl amerikanischer, der Kartoffel verwandter Solaneen durch die Peron. inf. mit Erfolg infiziren lassen, während unsere einheimischen Nachtschattengewächse in den Versuchen intakt bei der Impfung geblieben sind, mit Ausnahme von Sol. Dulcamara, auf der sich nach de Bary (Champign. paras.) der Pilz kümmerlich kultiviren läßt.

nicht bewährt. Direkte Einwirkung von reinem Petroleum auf die Knollen hat, wie ich mich mehrfach durch Versuche überzeugte, die neuen Wurzeln derselben vernichtet und allerdings auch das Auskeimen der Pilzsporen verhindert.

Von anderer Seite wurde, gestützt auf die Erfahrung, daß Schwefeln des Laubes den Weinpilz vernichte, auch das Bestreuen des kranken Kartoffellaubes mit Schwefel als wirksam empfohlen. Kühn, der in seinem Werke über Pflanzenkrankheiten sich auch noch der Hoffnung hingiebt, daß Schwefeln möglicherweise günstig wirken könne, hat später selbst durch direkte Versuche die Wirkungslosigkeit dieses Mittels nachgewiesen.

Nachdem die Erfahrung fester begründet worden, daß die Krankheit des Laubes in den meisten Fällen die Infektion der Knollen hervorruft, sagte man sich, daß das Entfernen des Blattkörpers zur Zeit des ersten Auftretens der Krankheit ein Rettungsmittel für die Knolle sein müsse. Man wurde aber durch vielseitige Erfahrung gar bald belehrt, daß das Entlauben häufig den Schaden vergrößere. Erstens zeigten die entlaubten Parzellen einen sehr großen Prozentsatz an Kranken, was durch die Infektion von anderen Feldern sehr leicht erklärlich; zweitens reduzirte sich aber auch die Ernte ihrer Qualität nach etwa auf zwei Dritttheile des Stärkegehaltes der nicht entlaubten Parzellen.

Nur in dem einen Falle läßt sich ein günstiges Resultat erwarten, daß während der Zeit, in der die Kartoffeläcker entlaubt stehen, eine derart günstige Witterung eintritt, daß die Pilzvegetation sistirt ist und bleibt; dann bleibt auch das neugebildete Laub gesund, vollendet seine Entwicklung und bringt dadurch bis zum Herbst auch die Knollen zu genügendem Stärkegehalte. Bei dem unsicheren Eintreten so günstiger Umstände einerseits und bei der immerhin vorhandenen Möglichkeit einer starken Erkrankung andererseits hat dieses Verfahren keinen Eingang finden können, trotzdem einzelne Versuche (Hoffmann) günstige Resultate geliefert haben.

Um nur ein Beispiel von den übereinstimmenden vielen zu erwähnen, wie stark eine frühzeitige Entlaubung den Knollenertrag beeinflußt, sei hier der Versuche von Hellriegel gedacht. Derselbe fand einen Minderertrag

bei 10	Wochen nach der Aussaat eintretender Entlaubung von	74	%
„ $14\frac{1}{2}$	„ „ „ „ „ „ „	53	„
„ 17	„ „ „ „ „ „ „	29	„
„ 18	„ „ „ „ „ „ „	$19\frac{1}{2}$	„

im Verhältniß zur Ernte von belaubten Pflanzen. Der Knollenansatz war zwar nicht gehindert, aber die Knollen blieben klein und stärkearm [1]).

Geleitet von der Idee, daß die Naßfäule der Kartoffel durch ungünstige Bodenmischung bedingt sei, daß der Ueberschuß oder Mangel einzelner Nährstoffe die Pflanze zu abnormer Entwicklung bringe, wurde auch eine außerordentlich große Anzahl von Düngungsversuchen neben solchen Versuchen eingeleitet, die durch Bei=

1) Neue landw. Zeit. von Fühling 1871. Heft VIII. S. 635.

mischung von Desinfektionsmitteln bezweckten, die Sporen auf ihrem Wege zu tödten.

Liebig, der die geeignete Düngung als ein Palliativmittel gegen die Krankheit ansah, empfahl die Zuführung stickstoffreicher Phosphate zum Kartoffelboden. Aus den Versuchen von Karmrodt, Fraas u. A. ergiebt sich aber, daß solche Düngung vielfach die Ausbreitung der Krankheit begünstigt. — In ähnlicher Auffassung versucht George Ville[1]) im Moniteur universel (vom 7/4. 1868) den Nachweis zu führen, daß die Kartoffelkrankheit an Kalimangel und Ueberschuß von Stickstoff geknüpft sei. V. empfiehlt daher als vollkommenen Dünger pro Hectar 400 Kilo sauren phosphorsauren Kalk, 200 Kilo salpetersaures Kali, 300 Kilo salpetersaures Natron, 400 Kilo schwefelsauren Kalk. Aehnliche Normaldünger sollten auch die Mittel gegen Krankheiten der Zuckerrüben, des Maulbeerbaumes und der davon abgeleiteten Krankheit der Seidenraupen abgeben. Wenn man bedenkt, wie verschiedenes Nährstoffmaterial die einzelnen Bodenarten vorräthig enthalten und wie bei Nährstoffreichthum im Boden die Ernte von so vielen anderen Faktoren, wie Lage, Untergrund, physikalischer Zusammensetzung der Ackerkrume ꝛc. abhängig ist, wird man die vollständige Nutzlosigkeit solcher Normalrecepte einsehen. Es ist ganz richtig, daß eine normale Ernährung ein vortrefflicher Krankheitsschutz ist; allein solches normales Wachsthum läßt sich nicht durch Düngung in allen Fällen herstellen.

Von wesentlichem Einflusse auf die Ernte sowohl in qualitativer als quantitativer Beziehung zeigt sich die Kartoffelvarietät, welche zum Anbau gewählt wird. Die verschiedenen Varietäten besitzen auch eine verschiedene Neigung zum Erkranken. Der Verfasser kam durch seine, lange Zeit fortgesetzten Versuche[2]) zur Bestätigung der schon von vielen Praktikern ausgesprochenen Erfahrung, daß die dünnschaligen weißen Sorten eine größere Neigung zum Erkranken zeigen, als die dickschaligen rothen Varietäten. Die weißen Sorten sind aber durchschnittlich stärkeärmer als die rothen; sie besitzen mehr Proteinkrystalle[3]) und wahrscheinlich mehr gelöste Kohlenhydrate als die rothen, welche dagegen häufig mehr und stärker verdickte Bastzellen (Steinzellen) in der Knollenrinde aufzuweisen haben. Daraus geht hervor, daß eine Varietät nicht nur gestaltlich, sondern auch stofflich von einer anderen abweicht. Wenn die Erfahrung lehrt, daß die Peronospora nur bestimmte Sorten ganz besonders heimsucht, so heißt das nichts anderes, als daß der Schmarotzer in diesen Sorten einen besonders zusagenden Nährboden findet. Insofern läßt sich also sagen, eine Sorte ist mehr prädisponirt zur Krankheit[4]). Da

1) Landwirthschaftl. Annal. des mecklenburg. patriot. Vereins 1868. Nr. 22.

2) „Kartoffeluntersuchungen“ in: Neue landwirthschaftl. Zeitung von Fühling. 20. Jahrg. Heft 7 und 8.

3) Sorauer: Annalen d. Landw. in d. Preuß. Staaten. Wochenbl. 1871. Nr. 8.

4) Fischer v. Waldheim ist der Ansicht, daß ein überreicher Kohlenstoffgehalt der Nährpflanzen die Ursache von Pilzepidemien unter denselben sei (Mykolog. Berichte von Hoffmann 1870. II. S. 71).

nun die Kultur durch die theils absichtlich, theils absichtslos alljährlich geänderten Vegetationsbedingungen immer neue Varietäten schafft, überhaupt die Varietätenbildung begünstigt, so erzeugt sie allerdings vielfach solche Sorten, welche dem Pilze eine recht zusagende Unterlage abgeben und in Folge dessen fast überall erkranken. Auf solche Thatsachen stützen sich diejenigen, welche behaupten, die Kultur schaffe eine Prädisposition zur Krankheit. Diese Behauptung ist aber sehr einseitig. Daß wir die einzelnen Vegetationsfaktoren in ihrem Einflusse auf die Kulturpflanze noch nicht genügend zu regeln verstehen und bald einen Mangel, bald einen Ueberschuß des einen Faktors haben, der sich nachher im Produkte, in der Kulturpflanze, abspiegelt und dieselbe unter Umständen für Krankheiten empfänglicher macht, das ist ein Vorwurf, der nicht der Kultur, sondern der Unkultur, unserem mangelhaften Wissen gemacht werden muß.

Wir sehen eine Pflanze nach einem bestimmten, angeerbten Bildungsgesetze sich entwickeln. Diesem Gesetze zu Folge zeigt die Pflanze immer wieder in der neuen Generation im Wesentlichen dieselben Formen und Haupteigenschaften. Eine Anzahl Eigenschaften bleibt aber nur so lange constant, als die Wachsthumsbedingungen dieselben bleiben. Mit veränderten Standorts- und Ernährungsverhältnissen werden nun einzelne Eigenschaften durch andere ersetzt, und auf diese Weise wird die Kulturpflanze, der es beschieden ist, in kurzen Zeiträumen Boden- und Lagenverhältnisse zu wechseln, theilweis selbst der Ausdruck der Vegetationsbedingungen. Wir erhalten z. B. eine sehr mehlreiche Kartoffelsorte aus trockner, sandiger Gegend. Unser Kartoffelboden ist schwer und die Witterung mehrere Jahre hinter einander naß. In den ersten Jahren ernten wir noch ziemlich gute Knollen; denn die durch die früheren Lebensverhältnisse bedingten Eigenschaften haben mit den Jahren eine gewisse Constanz und Erblichkeit erhalten. Von Jahr zu Jahr aber machen sich die veränderten Wachsthumsbedingungen mehr geltend und die Kartoffel wird schliefig, wässerig oder seifig. Die Sorte wird um so später seifig werden, je trocknere Jahrgänge wir haben und je älter die Sorte selbst ist d. h. je mehr die uns nützlichen Eigenschaften Festigkeit erlangt haben. Da die Festigkeit der Sorte, d. h. die Unveränderlichkeit einer Anzahl Eigenschaften um so größer ist, je größer die Anzahl von Generationen, die sie in denselben Vegetationsbedingungen verbracht hat, so werden einige Sorten sehr schwer, andere sehr leicht sich den veränderten Lebensbedingungen anpassen. Dieses Anpassen nennt man häufig degeneriren, als gleichbedeutend mit verschlechtern.

Eine Degeneration im Sinne einer zunehmenden Verschlechterung durch Altersschwäche ꝛc. existirt nicht; wohl aber eine durch die Kultur hervorgebrachte große Variabilität, vermöge welcher es jetzt leicht wird, bestimmte Eigenschaften zu ändern. Wenn ein weiterer Fortschritt der Wissenschaft noch klarer und umfassender uns den Einfluß jedes einzelnen Faktors des Pflanzenlebens auf den pflanzlichen Organismus gelehrt haben wird, wenn wir dadurch noch besser gelernt haben werden, durch überlegte Aenderung der einzelnen Faktoren, das Entwicklungsgesetz

der Pflanze nach gewünschten Richtungen hin zu dirigiren, dann wird die Klage über eine Degeneration der Kulturpflanzen verstummen. Die Kulturpflanzen sind wie Wachs, das in der Hand durch Kneten warm und weich geworden ist und jetzt mit größerer Leichtigkeit sich formen läßt; es fehlt uns zur Erlangung der gewünschten Form nur an Geschicklichkeit und Werkzeug.

Auch bei der Kartoffel werden wir mit der Zeit lernen, widerstandsfähige Varietäten zu züchten und zu erhalten. Der einzig sichere, wenn auch sehr lange Weg hierzu ist das Studium der Lebensbedürfnisse der Kartoffel auf dem Wege der Wasser- und Sandkulturen. Bevor wir durch diesen rein wissenschaftlichen Weg zu Resultaten gelangen, sind wir angewiesen, durch Feldversuche den Einfluß der einzelnen Vegetationsbedingungen auf die Ausbildung der Kartoffel annähernd zu erforschen.

Von diesem Gesichtspunkte aus wurden von dem Verfasser die obenerwähnten Kartoffeluntersuchungen unternommen. Sie wurden ausgeführt, indem dieselben Sorten in sowohl nach ihrem spezifischen als absoluten Gewichte bestimmten Knollen auf gedüngtes und ungedüngtes Land, bald in Gräben, bald auf Wälle gelegt wurden.

Die Resultate weisen darauf hin, daß wir, abgesehen von den atmosphärischen Einflüssen, vorzugsweise in der Kultur den Faktor haben, welcher sich in der Ernte wiederspiegelt. Die Kultur hat in den verschiedenen Kartoffelvarietäten ein Saatgut geschaffen, das in zwei Gruppen annähernd zusammengefaßt werden kann. Die eine Gruppe enthält die weißen und blauen Knollen, die andere die rothschaligen Sorten. Die Gruppen gehen unmerklich in einander über und die Unterscheidungszeichen gelten nur im Allgemeinen. Sie bestehen für die weißen Varietäten in einer dünneren Korkschale, einem geringeren Stärkereichthume, einer größeren Empfänglichkeit für die Krankheit und einem größeren Anpassungsvermögen für tiefe Lage im Gegensatz zu den rothschaligen Sorten.

Beide Sorten verhalten sich gleich zur Düngung; sie bringen ein bedeutend größeres Erntequantum im gedüngten Boden als im ungedüngten, und bei Hügelkultur produziren sie mehr, als in Gräben. Mit der hohen Lage wächst der Knollenansatz und die Größe derselben; dagegen fällt der relative Stärkereichthum der Gesammternte ebenso, wie durch die Düngung, weil durch Düngung und hohe Lage die Zahl der unreifen Knollen wächst. Man kann sich diesen Umstand vielleicht dadurch erklären, daß man annimmt, die hochliegenden Knollen sind dem wechselnden Einfluß der Atmosphäre mehr erreichbar; es wird z. B. eine größere Trockenheit einen schnelleren Verlust der Elasticität der Zellwände bewirken; die Knolle wird schneller relativ reif. Die eintretende Feuchtigkeit wird bei erneueter Belebung des Saftzuflusses nach den Vegetationsherden keine wesentliche Dehnung der schon gebildeten Knollen hervorbringen, sondern aus den Augen des Tragfadens der Knolle selbst eine neue Knollenbildung veranlassen; es entsteht erneueter Knollenansatz oder Puppenbildung. Die auf diese Weise spät angesetzten Knollen erlangen

bei dem allgemeinen Vegetationsabschlusse im Herbste nachher nicht mehr den vollen Reifegrad. Bei tieferer Knollenlage und gleichmäßigerer Feuchtigkeit bleibt die Dehnbarkeit der Zellwände länger erhalten; daher ist der Knollenansatz geringer, das Ausreifen ein länger dauerndes und vollkommneres und daher finden sich die spezifisch schwersten Knollen einer Sorte in ungedüngten Gräben der Versuchsparzellen.

Der Verlust an Dehnbarkeit der Zellwände dokumentirt sich auch an der Schale der Knollen. Folgt auf frühe Trockenheit oder vorgeschrittenen Reifezustand eine neue beschleunigte Thätigkeit des Korkcambiums, ein Ausdehnen der ganzen Knolle, so kann die Schale nicht mehr nachgeben; sie reißt, bildet schorfartige Blättchen, während neue Korkzellen unterhalb der alten entstehen. Bei durchwachsenen Knollen ist daher oft die Mutterknolle rauh, während die Kindel glattschalig sind. Die dünnere glattere Schale ist aber in den meisten Fällen ein Zeichen stärkeärmerer Sorten oder stärkeärmerer Zustände von sonst specifisch schweren Sorten. Wir wissen, daß jüngere Organe eiweißreicher sind, als ältere; bei den stärkeärmeren Sorten habe ich einen größeren Gehalt an Eiweißkrystallen gefunden und aus diesen beiden Thatsachen schließe ich, daß die dünnere Korkschale eine eiweißreichere, und wie ich glaube gummireichere, stärkeärmere Knolle im Allgemeinen anzeigt.

Es ist ferner in den Versuchen gezeigt worden, daß die kranken Knollen etwas dünnschaliger sind als die gesunden und daß die weißen (also durchschnittlich dünnschaligeren) Varietäten von der Krankheit mehr zu leiden haben, als die rothen Varietäten; dies legt die Vermuthung nahe, daß die dünnere Schale und der größere Eiweißgehalt der Knolle einen empfänglicheren Mutterboden für die Krankheit abgeben. Frische Düngung verzögert ebenfalls das Reifen.

Um der Krankheit auszuweichen, dürfte es daher nach obigen Versuchen gerathen erscheinen, die Kartoffeln in hoher Lage auf abgetragenem Lande (das sonst kräftig ist) zu bauen. Bis zu einem gewissen Grade wird der dadurch hervorgebrachte Verlust an Quantität durch die Qualität ersetzt. Obgleich es für das Erntequantum wahrscheinlich gleichgültig ist, ob wir sehr kleine oder aber wenigere sehr große Knollen (entsprechend weiter) legen, so wird sich wohl das Legen von Mittelknollen (40—60 Gramm) empfehlen, da die Durchschnittsgröße der geernteten Knollen von der Größe des Saatgutes abhängig ist. Sehr kleines Saatgut giebt kleinere Stauden und vorwiegend kleinere Knollen.

Von derselben Ansicht ausgehend, daß es durch die Kultur in unsere Hand theilweis gegeben, der Krankheit entgegen zu arbeiten, hat Gülich eine Anbaumethode empfohlen, die nach ihm den Namen erhalten hat. Gülich empfiehlt, bestimmte Sorten auf gedüngten Hügeln mit der knospenreichen Spitze nach unten derart zu legen, daß für jede Knolle ein Bodenraum von 12 Quadratfuß zur Ausdehnung bleibt. Die Stöcke sind zeitig und mehrfach zu behäufeln. Gülich behauptet, dadurch die größte Ernte von einer gewissen Bodenfläche zu erzielen und die Knollen gegen die Krankheit zu schützen. Beides hat sich als irrig erwiesen.

(Vergl. darüber die sehr ausführliche Arbeit von Kühn: Berichte aus dem phys. Laboratorium und der Versuchsanstalt des landwirthschaftl. Instituts der Universität Halle 1872.) Die Resultate Kühn's betreffs der Gülich'schen Methode kann der Verfasser bestätigen.

Es ist oben bereits angeführt worden, daß die Gattung Peronospora eine Menge Arten besitzt, die auf wilden und angebauten Pflanzen in einer Menge von Formen vegetiren[1]). Die Peronospora nivea Ung. (P. Umbelliferarum Casp.) z. B. überzieht als weißer Schimmelüberflug die Blätter vieler Doldengewächse (Umbelliferae). Die Storchschnabelarten (Geranium pratense L. und Ger. palustre L.) leiden von Peronospora pusilla Ung. Die gewöhnlichen Windröschen (Anemone nemorosa L. und ranunculoides L.) sind von Peron. pygmaea, die Hahnenfußarten (Ranunculus L.) von Peronosp. Ficariae Tul. befallen. Auf einer phanerogamen Schmarotzerpflanze, dem Klappertopf (Rhinanthus (Alectorolophus) minor W. et Gr.) wuchert Peronosp. densa Rabenh., welche auch dem Augentrost (Euphrasia officinalis L. und E. Odontites) schädlich wird; der nahestehende Ehrenpreis (Veronica L.) beherbergt dagegen Peron. grisea Ung. Einen weiten Verbreitungsbezirk in der Familie der Körbchenträger (Compositae) hat die Peronosp. gangliformis Berk., deren verschiedenen Formen wir auf dem gemeinen Kreuzkraut (Senecio vulgaris L.), auf den Wurzelblättern der Ackerdistel (Cirsium arvense Scp.) und der krautartigen Distel (Cirsium oleraceum L.) begegnen. Eine andere Form derselben Art bewohnt die Wurzelblätter eines Löwenzahns (Leontodon autumnalis L.). Die Blätter der Milche (Lampsana communis L.), des Lattichsalats (Lactuca sativa L.) und des wilden Lattichs (Lact. Scariola), der Saudistel (Sonchus oleraceus L.) und des Milchlattichs (Mulgedium alpinum Cass.) leiden alle an demselben Schimmel. In der Familie der Compositen finden sich aber auch die Nährpflanzen für Peron. Radii de By., die auf der ächten und falschen Kamille angetroffen wird; auf derselben Nährpflanze und dem Rainfarn (Tanacetum vulgare L.) findet sich auch Peron. leptosperma de By.

Die Familie der Kreuzblüthler (Cruciferae) hat ebenfalls ihre eigenen Arten von dieser Schimmelfamilie. Peron. parasitica Pers. wird auf Raps (Brassica Napus L.), Leindotter (Camelina sativa Crntz), dem Wiesenschaumkraut (Cardamine amara L.) und vielen anderen Geschlechtern häufig gefunden. Auf den Blättern von Corydalis beobachtete de Bary eine eigene Art, die Per. Corydalis de By.; auf dem verwandten Erdrauch (Fumaria L.) dagegen zeigt sich Per. affinis Rossm. Die nahestehenden Mohnarten zeigen verkrümmte Stengel und blasig aufgetriebene Blätter durch die Peron. arborescens Berk. Die Pflanzen aus der Familie der Färberröthe (Rubiaceen) wie z. B. der Waldmeister (Asperula odorata L.), das Labkraut (Galium Aparine L.) haben von der Peronospora calotheca dBy. zu leiden. Das Vergißmeinnicht (Myosotis) und mehrere andere Glieder der Rauchblattgewächse (Asperifoliaceae) werden von Peron. Myosotidis dBy. bewohnt. Unsere Futterwicke (Vicia sativa L.), die Linsen (Ervum), die Erbse (Pisum sativum L.) und andere Papilionaceen werden von Per. Viciae Berk. heimgesucht. Die verschiedenen Arten von Klee (Trifolium L.), von Honigklee (Melilotus) und die Luzerne (Medicago sativa L.) haben ihren besonderen Feind in der Peronospora Trifoliorum dBy. Die Steinmiere (Alsine media Cyr.), die Arten von Ackerhornkraut (Cerastium) und des Knauel (Scleranthus perennis L.) beherbergen die Peron. Alsinearum Casp. Auf dem Sandkraute (Arenaria L.) und der Moehringia L. wurde eine eigene Art, Peron. Arenariae Berk., auf Nelken (Dianthus L.) und Lichtnelken (Melandrium Röhl) wurde eine andere Art, Peron. Dianthi dBy.

---

1) Vorzugsweise nach Schneider in Verhandl. der Schlesischen Gesellschaft 1870.

und auf der Spurre (Holosteum L.) eine weitere Art, nämlich Peron. Holostii Casp. aufgefunden. Eine sehr reiche Verbreitung findet Per effusa Grev. Die Melden (Chenopodium L. und Atriplex), der Spinat (Spinacia oleracea L.), einzelne Arten von Knöterich (Polygonum L.), das Feldstiefmütterchen (Viola tricolor L.) und das niedliche Tausendguldenkraut (Erythraea pulchella Fr.) sind die Nährpflanzen für diesen Schmarotzer. Die Brennnessel (Urtica urens L.) besitzt ihre eigene Art von Schmarotzer in der Peronospora Urticae Libert. Die gemeine Rapunzel (Valerianella olitoria Mnch.) leidet von der Peron. Valerianellae Fuck. Auf der Speisezwiebel (Allium Cepa L.) wuchert Peron. Schleideniana Ung. Berkeley[1]) beschreibt eine Peronospora sparsa, welche in England im Winter die Blätter der Topfrosen im Kalthause tödtet. Schacht[2]) schreibt einer Peronospora (effusa?) das Absterben der Herzblätter von Zuckerrüben zu. Lebert und Cohn fanden eine der Per. inf. zunächststehende Peronospora (Cactorum) als Ursache der Fäulniß von Cactusstämmen.

Die Gattung Cystopus Lév. mit ihren keuligen Sporenträgern hat einen weit geringeren Kreis von Nährpflanzen. Der bekannteste Schimmel dieser Art, Cystopus candidus (Pers.) Lév. hat seine Nährpflanzen vorzugsweis in der Familie der Kreuzblüthler. Der Meerrettig (Cochlearia Armoracia L.), der Leindotter, das Wiesenschaumkraut gehören hierzu. Auf dem Hirtentäschelkraut (Capsella Bursa pastoris Mnch.) kommen Cystopus und Peronospora gemeinschaftlich vor. Bei dem Hederich (Raphanistrum Lampsana Gärtn.) findet man Cystopus nicht blos auf den Blättern, sondern auch an den Blüthen und Fruchtknoten, die dadurch verkrüppeln. In der Familie der Compositen findet sich auf den Wurzelblättern der violetten Flockenblume (Centaurea Jacea L.), auf dem Wiesenbocksbart (Tragopogon pratensis L.), dem Wiesenalant (Inula Britannica L.) der Cystopus cubicus (Strauss) Lév. Der Portulak hat seine eigene Art: Cystopus Portulacae (DC) Lév. Auf dem gemeinen Amarant (Amaranthus Blitum L.) findet sich Cystopus Bliti (Biv) Lév. Auf der Ackerdistel und Krautdistel vegetirt Cystopus spinulosus dBy.

§. 3. Hypodermii.

A) Ustilagineae (Brandpilze). (Tafel VII.)

Die Brandpilze erscheinen dem bloßen Auge als braune oder schwarze Staubmassen. Diese Massen sind nur die Sporen, welche im reifen Zustande von dem Pilze allein übrig bleiben. In jüngeren Stadien der Sporenentwicklung bemerkt man, daß das später Sporen tragende Gewebe der Nährpflanze von Hyphen durchsetzt ist, welche mit tiefer liegenden Resten unverkennbaren Mycels im Zusammenhange stehen. Dieses Mycel zeigt sich in Gestalt deutlicher, oft verzweigter, meist doppelt contourirter Fäden, deren Inhalt bereits hell wässerig ist, oder von stark vacuoligem Plasma gebildet wird. Die Fäden verlaufen meist in der Längsrichtung des Pflanzentheiles, den sie bewohnen und zwar sehr häufig zwischen den Zellen desselben; innerhalb der Zellen findet man nur die an einzelnen Stellen der Mycelfäden entstehenden eigenthümlich verflochtenen, knaulartigen kurzen Zweige (Fig. 2 b), welche den Inhalt der Nährzelle zersetzen und zur Ausbildung des

1) Cit. in Regels Gartenflora 1862. S. 204.

2) Schacht: Krankheit. der Zuckerrüben in d. Miethen, cit. in Hoffmann's Mykolog. Ber. der Bot. Zeit. 1864. Seite 38.

Pilzkörpers verwenden. Die knauelartigen Zweige stellen Saugorgane (Haustorien) der Brandpilze, ähnlich den bei Peronosporen beobachteten, dar. Je häufiger die Haustorien auftreten, desto kürzer werden die Glieder des derbwandigen Mycels. Die derbe charakteristische Wandung wird selbst an jugendlichen Fäden von Kalilösung nur zur Quellung gebracht; dagegen löst Schwefelsäure die Fäden langsam auf. Eine Cellulosereaktion ist nicht bemerkbar.

Wenn für das Mycelium der geeignete Zeitpunkt der Sporenbildung herangekommen, senden die einzelnen Fäden desselben Aeste (Fig. 5) aus, deren Membran gallertartig aufgequollen erscheint und deren glänzender, spärlich feinkörniger Inhalt bisweilen deutliche Oeltröpfchen (Fig. 8) erkennen läßt. Je nach den einzelnen Gattungen ist der Verlauf der Sporenbildung verschieden[1]); indem dieselbe bald mehr einzeln an den Enden kleiner Zweige, wie bei Tilletia, bald in größeren Ballen zu mehreren gleichzeitig erfolgt, wie bei Urocystis und Sorisporium. Immer geschieht die Sporenbildung im inneren Gewebe der Nährpflanze. Die Sporen sind je nach den Arten verschieden, indem ihr Epispor bald glatt und gleichartig (Fig. 16), bald ungleichartig dadurch erscheint, daß einzelne Stellen der Außenhaut wasserreicher sind; in anderen Fällen ist das Epispor durch hervortretende Leisten runzelig oder netzig oder stachelig warzig verdickt (Figg. 12—15, 17).

Das von einer Cuticula bedeckte, schmutzig gelbe, braune oder violette Epispor platzt durch Einwirkung von Schwefelsäure auf, oder wird wenigstens durchsichtiger. Das Endospor, welches ebensowenig wie alle übrigen Theile des Pilzes eine Cellulosereaktion zeigt, quillt durch Kali auf.

Wenn die Spore keimt, wird das Epispor spaltig oder dreiklappig gesprengt (Fig. 17) und das Endospor tritt in Gestalt eines Keimschlauches hervor (Fig. 14, 15, 17 p). In der Regel läßt sich nach Kühn[2]) schon vorher die Stelle an der reifen Spore erkennen, durch welche der Keimschlauch austreten wird. Die Keimung erfolgt nur dann normal, wenn die Spore nicht ganz von der Luft abgeschlossen ist; in Wasser untergetaucht oder bei starker Bodenbedeckung entwickelt sie sich abnorm oder gar nicht; aber sie verliert im Boden ihre Keimkraft nicht und kann, sobald sie nach einem Jahre durch die Bodenbearbeitung der Luft und Feuchtigkeit wieder zugänglich gemacht wird, auskeimen und gesundes Saatgut krank machen. Wie schon früher angeführt, ist die Zeit, welche die Sporen zur Keimung brauchen, unter gleichen Vegetationsbedingungen vom Alter der Spore abhängig. Frischen Flugbrand der Gerste fand Kühn nach 6—8 Stunden bereits gekeimt; einjährige Sporen vom Hirsebrand brauchten 15—17 Stunden und zweijährige Sporen vom Steinbrand keimten erst nach etwa 60 Stunden; vier Jahr alte Sporen vom Hirsebrand sah Hoffmann nach fünf Tagen keimen.

---

1) Nach Fischer von Waldheim: Beiträge zur Biologie und Entwicklungsgeschichte der Ustilagineen. (Pringsheim's Jahrb. f. wissensch. Bot. 1869. Bd. VII. Heft I und II. S. 61 ff.)

2) Kühn: Krankheiten der Kulturpflanzen 1859. S. 46.

Maisbrandsporen, welche sechs Jahr alt waren, gelangten nicht mehr zur Keimung.

Der aus der Spore sich entwickelnde Keimschlauch erscheint nach kurzer Zeit in seinem Wachsthume begrenzt, dafür aber erscheinen an seinen Seiten oder an der Spitze mehrere Knospen (Fig. 16 c, 17 k). Ein so begrenzter, knospenbildender Keimschlauch heißt Promycelium; die Knospen werden Sporidien genannt. Bis zur Sporidienbildung ist der Pilz an keine Unterlage gebunden, sobald er Feuchtigkeit genug vorfindet; zur weiteren Entwicklung aber bedarf er einer bestimmten Nährpflanze. Wird ihm dieselbe nicht geboten, so gehen allmählig die Keimfäden, welche sich aus den Sporidien entwickeln oder durch, bei manchen Arten nicht selten auftretende, Verlängerung des ursprünglichen Promycels gebildet werden, zu Grunde. Die entsprechende Nährpflanze muß aber auch in einem gewissen Entwicklungsstadium sein, wenn die Keimfäden eindringen sollen, und zwar ist nach den bisherigen Beobachtungen das keimende Samenkorn vor dem Durchbruche des ersten grünen Blattes durch die ungefärbte Scheide der Zustand, den der Pilz zum erfolgreichen Angriff auswählt. Nach Kühn und Hoffmann[1]), welche künstlich die Samenkörner mit Brandsporen einkeimten oder damit inoculirten, dringen die Keimschläuche in der Gegend zwischen Wurzel und unterstem Blatt in den sog. Wurzelknoten oder primären Knoten, bisweilen auch in die gesprengte Wurzelscheide ein, verästeln sich und wachsen im jugendlichen Gewebe des Stengels in die Höhe, um an bestimmten Stellen (in der Regel in den Blüthenorganen) ihre Sporen zur Entwicklung zu bringen.

Nach R. Wolff[2]) ist es bei dem Staubbrand, Hirsebrand, den beiden Arten Steinbrand und dem Roggenstengelbrand das erste meist sehr wenig gefärbte, weißlich glänzende Scheidenblatt, das die grünen Blätter einschließt und zuerst aus der gesprengten Fruchtschale in Form eines langen geschlossenen Kegels hervortritt, welches den zusagenden Angriffspunkt für die Pilzsporen liefert. Dieses erste scheidenförmige Organ bildet aber auch nur so lange den zusagenden Mutterboden, als es noch nicht erwachsen ist. Es gelang Wolff[3]) nur dann, das Eindringen der Keimschläuche zu beobachten, wenn diese weiße Scheide etwa die Hälfte ihrer definitiven Größe erreicht hatte und noch nicht von dem eingeschlossenen grünen Blatte durchstoßen war und wenn das Plasma der Promycelien oder Keimfäden noch nicht

---

1) Hoffmann: „Ueber den Flugbrand". Bot. Unters. von Karsten 1866. S. 206, giebt von Ustilago destruens an, daß es ihm einmal gelungen sei, eine brandige Pflanze zu erzeugen durch Applikation von Sporen in einen Einschnitt in die junge Vaginula und die inneren Blattanlagen in der Gegend des Vegetationspunktes. Die Hirsepflanze war bereits 2½" hoch und hatte 4 entwickelte Blätter. Der Einschnitt wurde 2 Linien über dem Boden gemacht.

2) Der Brand des Getreides. Inaugural Dissertation. Halle 1873. S. 19.

3) Bemerkenswerth ist, daß Wolff nie das Eindringen am primären Knoten beobachten konnte, in dessen Nähe die Oberhautzellen eine sehr dicke obere Wandung besitzen, dagegen sehr deutlich an der ganzen übrigen Länge der Scheide.

zu viel Wasser aufgenommen d. h. wenn die Keimung erst kürzlich begonnen hatte. Sind die Verhältnisse günstig, dann kann man schon nach 36—48 Stunden sich überzeugen, daß zahlreiche Brandkeime in das Gewebe eingedrungen, und sich zum reichlichen Mycel verzweigt haben.

Das Mycelium mancher Ustilagineen scheint in perennirenden Pflanzen auch viele Jahre hindurch sich zu erhalten; wenigstens kann man dies aus einer Beobachtung von de Bary schließen, der Ustilago antherarum an derselben Pflanze zehn Jahre hinter einander auftreten sah.

Man hat die Brandpilze (Ustilagineae) in mehrere Genera getheilt, von denen zuerst das Genus Tilletia zu nennen ist. Die Sporen (Fig. 17) sind hier einfach und meist vollkommen kugelig; ihre Größe schwankt zwischen 0,012—0,02 Mm. Durchmesser; ihre Farbe ist meist etwas heller schwarzbraun, als bei der zweiten Gattung, Ustilago (Fig. 16), deren Sporen zwar auch einfach, aber seltener kugelrund, sondern mehrseitig abgeflacht sind; ihre Farbe ist dunkel braunschwarz oder braunviolett. Die Größe ist zwar bei den einzelnen Arten constant, aber innerhalb der ganzen Gattung mächtigen Schwankungen unterworfen, da die kleinsten (U. hypodites) etwa 0,003, die größten (U. Caricis) 0,028 Mm. Durchmesser besitzen.

Von diesen beiden Gattungen trennen sich diejenigen, bei welchen die Sporen zu mehreren knauelartig vereinigt sind. Hierher gehört zunächst die von Schröter[1]) aufgestellte Gattung Geminella (Thecaphora Fingerh.); hier sind die Sporen zwar wie bei Ustilago, aber regelmäßig zu zweien, höchstens zu dreien verbunden; es keimt jedoch immer nur eine der beiden gleich großen Sporen. Der Keimschlauch verästelt sich einmal gabelig und entwickelt an seiner Spitze Sporidien. Aehnlich wie Ustilago verhält sich ferner auch Sorisporium, bei welchem viele Sporen zu einem festen Ballen vereinigt sind[2]). Die wichtigste Gattung aus dieser zweiten Reihe ist für uns Urocystis (Fig. 20, 21). Hier sind zwei bis viele Sporen von etwa eiförmiger Gestalt zu Ballen vereinigt. Die Größe der einzelnen schwarzen Sporen schwankt von 0,008—0,024 Mm. Sie reifen ungleichzeitig; die mittelsten sind die größten und dunkelsten. Die Bildung der Sporidien (Fig. 20 k) ist wie bei Tilletia.

I. Der Steinbrand. Tilletia Caries Tul. und Tilletia laevis Kühn[3]).

Diese beiden Arten, welche neuerdings von Kühn unterschieden worden, verhalten sich gegen ihre Nährpflanze übereinstimmend; sie differiren im wesentlichen

1) Verh. d. Schles. Gesellsch. f. vat. Kultur 1869.

2) Die Entstehung dieser Sporenballen ist bei Sorisporium und Urocystis studirt worden.

3) Syn. Uredo foetida Bauer, — Uredo sitophila Dittm. — Ustilago sitophila Dittm. — Caeoma sitophilum Lk. — Uredo Caries DC.

nur durch den Bau ihrer Sporen. Tilletia Caries Tul. hat leistenförmige Verdickungen auf dem Epispor der runden Spore, Till. laevis Kühn dagegen hat glatte, verschieden große, meist unregelmäßig rundliche Sporen, deren körniger, Oel führender Inhalt viel leichter erkennbar, als bei der ersten Art ist. Beide Arten vereint stellen die gefährlichste Brandkrankheit dar. Sie befällt von unseren Getreidearten nur den Weizen und zwar unsere gewöhnlichen Varietäten von Triticum vulgare Vill. mehr, als die südlicher gebauten Arten wie Einkorn (Trit. monococcum L.) und Spelt (Trit. Spelta L.); die Sommerfrucht leidet mehr wie die Winterfrucht[1]) und ebenso leiden manche wilde Gräser davon, wie Aira caespitosa L., Bromus secalinus L., Hordeum murinum L., Poa pratensis L. und Triticum repens L.

Die ersten Zeichen der Krankheit sind vor dem Erscheinen der Aehre schwer zu erkennen; nur eine etwas dunkler-grüne Färbung und scheinbar üppigere Entwicklung verräth die Erkrankung. Selbst wenn die Aehren aus der Blattscheide des obersten Blattes herausgetreten, erfordert die Erkennung schon lange vorhergegangene Bekanntschaft, um zu bemerken, daß die etwas schmaleren und blaugrüner gefärbten Aehrchen ein wenig weiter von einander und etwas mehr von der Aehrenspindel abstehen. Eher verrathen jetzt schon die Blätter durch ihre gelblichere Farbe den krankhaften Zustand. Die vorgeschrittene Entwicklung, welche die junge brandige Weizenpflanze zuerst zeigte, macht sich auch während der Blüthezeit geltend. Die erkrankten Pflanzen zeigen bereits eine Vergrößerung des Fruchtknotens, wenn dieselbe bei normalen noch nicht zu finden ist, und während letztere während ihrer ganzen Entwicklung bis zur Reife eine gelblich grüne Farbe bewahren, zeigen die brandigen Fruchtknoten eine dunklere blaugrüne Färbung. Nun finden sich bald sehr in die Augen springende Merkmale. Die brandigen Aehren bleiben in ihrer Entwicklung zurück und aufrecht, während die gesunden sich bei der zunehmenden Größe der Körner zu neigen beginnen. Das Auseinanderspreizen der einzelnen Aehrchen wird viel auffallender und die breiteren, kürzeren, mehr ausgebauchten Körner schimmern dunkel durch die Spelzen hindurch. Zerdrückt man das harte äußerlich unversehrte Korn, so findet man die Ursache der dunkelen Färbung in der schwarzen Staubmasse, welche an Stelle des Keimlings und des Stärkemehls den ganzen Fruchtknoten ausfüllt. Die schwarze Masse besteht aus den freiliegenden, stellenweise noch etwas verklebten Sporen des Brandpilzes, die erst in der letzten Zeit trocken, pulverig erscheinen und in der Regel als feuchte übelriechende, breiig anfühlbare Masse auf den nur noch an den Stengelknoten grünlich erscheinenden Pflanzen angetroffen werden. Diese Beschaffenheit des Sporen-

1) Nach v. Levetzow sind der Championweizen und nach Fegebeutel Hickling's Prolific als diejenigen englischen Weizensorten anzusehen, welche die guten Eigenschaften des englischen Weizen am meisten ausgeprägt zeigen und dabei wenig oder gar nicht vom Brande leiden sollen. (Fühling's Neue landw. Zeit. 1871. S. 674 ff.)

pulvers ist die Veranlassung zur Bezeichnung der Krankheit als Stink- und Schmierbrand gewesen. Der stark an Heringslake erinnernde Geruch des Pilzes wird bedingt durch Aushauchen von Trimethylamin, welches als Umbildungsprodukt der stickstoffhaltigen Bestandtheile des Parasiten entsteht. Derselbe Stoff ist bereits bei Maisbrand und Mutterkorn nachgewiesen worden[1]; seine größere oder geringere Entwicklung scheint von äußeren Umständen abzuhängen.

Wenn man ein brandiges Weizenkorn zu der Zeit durchschneidet, wo die Aehre eben aus der obersten Blattscheide hervorgetreten ist, so findet man nach Kühn die dunkel sattgrün gefärbte Samenschale nach oben zunehmend stark verdickt. An Stelle der Samenknospe erscheint ein dichtes Geflecht von knauelartig verschlungenen Mycelästen des Brandpilzes. Einzelne freigelegte Faden-Enden zeigen, daß sich an kurzen Aesten, die etwas dünner als die sie tragenden Fäden sind, die ersten Sporen bilden, und zwar entstehen zunächst nach Fischer v. W. kleine, birnförmig nach oben angeschwollene Zweigchen, deren oberer Theil sich als ein körniges, glänzendes Bläschen abgrenzt und bald darauf durch seine doppelt contourirte Wandung als selbstständiges Gebilde auftritt. Diese Wandung ist das Epispor, welches allmählig dunkler und an seiner Außenseite unebener wird. Der Inhalt des Fadens, von dem sich die junge Spore abgegrenzt hat, wird immer klarer und ärmer an Protoplasma; zuletzt erscheint der ganze Faden nur noch als schwer erkennbarer Rest an der reifen Spore, welche ungefähr 0,016—0,02 Mm. Durchmesser hat.

Gelangen die Sporen nun bei hinreichender Wärme in genügend feuchte Luft oder Erde (oder auch auf Wasser), so wird nach 2—3 Tagen das Epispor gesprengt und der plasmatische Sporeninhalt tritt, von der Innenhaut (Endospor) umgeben, in Gestalt eines kurzen, verhältnißmäßig dicken Keimschlauches hervor. Je weiter der Keimschlauch, das Promycelium, sich verlängert, um so deutlicher sieht man das Protoplasma sich nach der Spitze desselben hindrängen, wodurch der hintere Theil des Schlauches wasserhell wird und nun deutlich einige Querwände erkennen läßt, die ihn somit in eine geringe Anzahl Zellen theilen.

Bisweilen finden sich Erscheinungen, welche den oben bei Mucorträgern beschriebenen ähnlich sind. Wenn nämlich ein Keimschlauch einige Zeit hindurch sich verlängert hat, kann er sich gabelig theilen oder einen Seitenast entwickeln. In beiden Fällen beobachtet man häufig ein Absterben des einen Theiles der Verzweigung, so daß immer nur eine einzige fortwachsende Spitze übrig bleibt. Der Sachverhalt ändert sich aber, sobald die Spitze des Keimschlauches in unmittelbare Berührung mit der Luft tritt. An dieser Spitze werden nämlich kleine Erhöhungen sichtbar, welche sich verlängern und zu einem Büschel von 6—10 zugespitzten, annähernd gleich langen Fäden auswachsen (Fig. 17 k). Zwei neben einander

---

1) Wolf u. Zimmermann: Beiträge zur Chemie u. Physiologie der Pilze. Bot. Zeit. 1871. S. 299.

liegende Fäden sind oft durch eine kleine Brücke mit einander verbunden, so daß ein derartiges Fadenpaar die Gestalt eines H nachahmt (Fig. 18). Dieses Verwachsen zweier Sporidien durch eine Brücke, welches ebenfalls reichlich bei den einzelnen Arten des Staubbrandes vorkommt, heißt Copulation. Nach einiger Zeit brechen die Fäden, die, wie ein Kranz, die Spitze des Promycels umgeben und darum Kranzkörperchen genannt worden sind und die als Knospen oder Sporidien aufzufassen sind, von ihrer Ursprungsstelle ab; sie können sich nun entweder direkt fadenartig verlängern, oder aber auch Knospenzellen (Sporidien) zweiten Grades (Fig. 19 sp) bilden, indem sie an ihrer Spitze oder an den Seiten auf dünnen Stielchen kleine, etwa halbmondförmig gebogene Sprossen bilden, in welche ein Theil des Protoplasma hineinwandert. Die Bildung solcher sekundärer Knospenzellen kann unter Umständen eine sehr reichliche werden und auf diese Weise den Grad der Vermehrungsfähigkeit noch erhöhen, den der Steinbrand durch die Erzeugung so reichlicher Sporenmengen schon an und für sich besitzt.

Es wird hiermit auch erklärlich erscheinen, wie eine ursprünglich kleine Sporenmenge, die in einem Jahre dem Acker zugeführt wird, im nächsten Jahre bedeutende Verheerungen selbst bei Anwendung von brandfreiem Saatgute anrichten kann. Hat der Acker nämlich im vorigen Jahre brandige Aehren getragen oder hat er durch zu kurze Zeit im Stall gewesenen Dünger oder durch benachbarte, stehengebliebene wilde Gräser Brandsporen zugeführt erhalten, so wird ein Theil derselben bei der Beackerung doch im Frühjahre auf oder in die Nähe der Bodenoberfläche gelangen und keimen. Das gleichzeitig keimende Samenkorn bietet den geeigneten Entwicklungsheerd für den Parasiten, der, nun die Zellen durchbohrend, eindringt und mit der Mutterpflanze gleichzeitig sich entwickelt. Sind nur wenige solcher Keimschläuche eingedrungen, so kann es kommen, daß die Fäden des Myceliums in die Seitenknospen eindringen und den Haupttrieb verschonen. Wir erhalten nachher die Seitenähren brandig. Ebenso kann der umgekehrte Fall eintreten.

Die ersten Impfversuche citirt Meyen[1]). Dieselben wurden von Gleichen an Weizen ausgeführt und in den „Auserlesenen mikrosk. Entd. ꝛc. Nürnberg 1781 veröffentlicht. An einer Stelle wurde das Saatgut ganz rein und trocken verwendet; an einer zweiten Stelle wurde Weizen, der vorher stark durchnäßt war, an einem dritten Orte derselbe Weizen, welcher nach dem Begießen stark mit Brandstaub bestreuet worden, ausgelegt. Das Resultat war in die Augen springend. Während da, wo reines Saatgut gewählt worden, keine oder nur wenige brandige Aehren beobachtet wurden, zeigte die mit Brandstaub stark bestreuete Saat mindestens ein Drittheil aller Aehren brandig; in einzelnen Fällen wurden mehr brandige als gesunde Aehren geerntet.

Das Verdienst, mikroskopisch das Eindringen des Pilzes am Weizen beobachtet zu haben, gebührt Kühn. Die Keimung der Tilletiasporen und ihre Spori-

1) Pflanzenpathologie S. 111.

dienbildung verfolgte zuerst Prévost, und Tulasne bestätigte 1853 diese Beobachtungen.

In seinem Verlaufe dem Steinbrande des Weizens ähnlich, beschreibt Kühn den Lolchbrand, der durch Tilletia Lolii Auersw. auf dem englischen Raygrase (Lolium perenne L.) und dem Taumellolch (Lol. temulentum L.) hervorgerufen wird. Hier sowohl, wie bei Tilletia sphaerococca Rabh., welche das gemeine Straußgras (Agrostis vulgaris With.) und den Windhalm (Aspera spica venti P. B.) befällt, wird der Fruchtknoten vom Brandpilz zerstört. Dagegen wird durch Tilletia endophylla dBy (Uredo olida Riess) auf der Zwenke (Brachypodium pinnatum P. B.) das Blattparenchym angegriffen; ebenso hat unser Honiggras (Holcus mollis L.) die Tilletia de Baryana Fisch. auf den Blättern aufzuweisen. Das braune Pulver dieses Pilzes bricht auch in Längsreihen aus den Blättern einer Trespe (Bromus inermis Leyes) hervor. Fuckel erwähnt noch zwei neue Arten, von denen die eine, Tilletia Milii, auf den Blättern des Waldflattergrases (Milium effusum L.), die andere, Tilletia Calamagrostis, auf den Blättern vom Sandrohr (Calamagrostis epigeios Rth.) beobachtet worden ist. Tulasne erwähnt einer Art auf Sorghum vulgare Pers., der Tilletia Sorghi vulgaris, deren Epispor glatt ist, während die übrigen Arten eine netzig verdickte Sporenoberfläche haben. Eine Art endlich, Tilletia bullata, wächst nicht auf Gräsern, sondern auf den Blättern einer Knöterich-Art (Polygonum viviparum L.).

II. Der Staubbrand. Ustilago. (Tafel VII.)

Die Gattung Ustilago tritt in einer weit größeren Anzahl von Arten auf, als der Steinbrand; dieselben bewohnen neben unseren Getreidepflanzen und Futtergräsern auch viele Sauergräser (Carex); außerdem aber finden sich einzelne in den Blüthen mancher Zwiebelgewächse, wie der Meerzwiebel, der Traubenhyacinthe, mancher Nelken, Knöterichgewächse, Körbchenträger u. s. w. Meistentheils werden auch hier die Blüthenorgane sammt dem Fruchtknoten zerstört, aber die Art der Zerstörung ist insofern eine von der durch Tilletia verursachten abweichende, als die meist glatten Sporen ein offen zu Tage tretendes schwarzes Pulver bilden, also nicht, wie bei dem Steinbrande, von dem erkrankten Nährorgane umschlossen bleiben. Das Mycelium der Gattung Ustilago ist auch mannigfaltiger, als das von Tilletia; diese Mannigfaltigkeit bezieht sich zunächst auf die Ausbildung der Haftorgane (Haustorien), welche z. B. bei Ustilago longissima L. auf dem Mannaschwaden (Glyceria aquatica, G. fluitans und spectabilis) an den langgestreckten Mycelfäden weit weniger entwickelt sind, als bei dem Maisbrande (Ustilago Maydis Fig. 2 b). Die Dicke der Mycelfäden schwankt von 0,002 Mm. (Arrhenatherum elatius) bis 0,004 Mm. (Ustilago longissima auf Glyceria). In den dünnwandigen und langgestreckten Geweben ist das Mycel selbst gerader gestreckt; dagegen ist es in den Knoten und derbwandigen Zellen gewundener, dünner, aber mit zahlreicheren Haustorien versehen, die immer nur in den Zellen sich nachweisen lassen. Eine sehr eigenthümliche Erscheinung, die uns zeigt, welchen Reiz der Pilzfaden auf seine Unterlage ausübt, ist bei dem Staubbrande des Getreides (U. Carbo), dem Roggenstengelbrande, dem Maisbrande und dem Blüthenbrande des

Seifenkrautes beobachtet worden. Hier findet man nämlich in einzelnen Zellen die langen geraden Mycelfäden von einer Celluloseſcheide (Fig. 2 a, 3 u. 4) eingehüllt und dadurch unkenntlich gemacht. Diese Scheide ist als eine Wucherung der Zellwand der Nährpflanze in Folge des Einflusses des Pilzfadens nach Fischer von Waldheim, oder als die durch den darunter sich hinziehenden Mycelfaden bewirkte Ausstülpung der innersten Celluloselamelle der Zellwand nach Wolf zu erklären.

Bei dem Getreidestaubbrande auf Gerste, Hafer, Wiesenhafer und Weizen ist das Mycel in der ganzen Pflanze in der Nähe der Gefäßbündel beobachtet und zwar am reichlichsten in den Knoten und der Aehrenspindel gesehen worden; höchst selten nur war es in den Seitenorganen, wie in den Blättern und Grannen oder Wurzeln nachweisbar. Dies kommt daher, daß meist die Blätter in erster Jugend quer vom Mycel an einer Stelle durchwachsen werden und daß von diesem einen Angriffspunkte aus sich das Mycel meist sehr wenig in der Längsrichtung des Blattes fortpflanzt.

Wenn das Mycel sich zur Sporenbildung anschickt, quillt die Membran der Fäden bedeutender auf; ebenso vergrößert sich später (nach Fischer v. W.) auch der Innenraum, das Lumen, der Zellen, so daß der Querdurchmesser der Fäden von 0,003 Mm. bis auf 0,008 Mm. zunimmt (Fig. 7). Jod färbt ihren Inhalt gelb bis braungelb; die im Wasser noch etwas aufquellende Membran, welche der schwachen Schwefelsäure widersteht und erst in concentrirterer Säure sich nach längerer Einwirkung löst, bleibt in Jod ungefärbt. In denjenigen Fäden, die, wie bei dem Maisbrande, Oel enthalten, tritt dasselbe sehr deutlich vor der Sporenbildung auf (Fig. 8) und wird wahrscheinlich bei derselben verbraucht. Nach Fischer v. W. zerfallen meist bei der Gattung Ustilago die Fäden direkt zu Sporen, wobei ihr Umfang größer, ihr Lumen zunächst aber enger wird. Bei dem Maisbrande bilden sich zahlreiche längere oder kürzere Verzweigungen, aus denen sich die Sporen entwickeln (Fig. 5 a, 8 a). Immer schwellen an einzelnen Stellen die Fäden an und an diesen Anschwellungen erweitert sich ihr Lumen, während die Membran noch gallertartiger wird (Fig. 9). Der Inhalt theilt sich allmählig in so viel Theile, als der Faden Anschwellungen zeigt. Die vielen Seitensprossen des wellig gewordenen Fadens bilden mit demselben eine knauelartige Masse, deren Wandungen mit einander verkleben. Dabei gewahrt man aber, daß die ganze Masse der Fäden immer deutlicher in einzelne Partieen sich gliedert, welche die ersten Anlagen der Sporen darstellen und bis zur Ausbildung derselben mit einander in Zusammenhang bleiben (Fig. 10).

Wie bei dem Steinbrande sieht man allmählig die einzelnen Inhaltstheilchen mit einer Haut umgeben und damit die einzelne Spore abgegrenzt (Fig. 11). In dem Maaße, als der Inhalt der jungen Spore sich vermehrt und einzelne Oeltröpfchen auftreten, schwindet die gallertartige Membran des sie ursprünglich umkleidenden Zellfadens. Wenn die äußere Haut, das Epispor, sich färbt und die

Spore endlich ihre abgeflacht-kugelige Gestalt annimmt, ist keine Spur mehr vom ursprünglichen, gallertartigen Faden zu entdecken.

Wir haben nun das lockere, braunschwarze Pulver, welches an Stelle der Körner die kranken Aehren unserer Getreidefelder schon weithin kenntlich macht und welches bei geringer Bewegung des Halmes zu verstäuben beginnt. Darum führt die Krankheit den sehr bezeichnenden Namen Staubbrand oder Flugbrand.

Bei der Keimung der Sporen wird das Epispporium meist spaltenförmig gesprengt; der heraustretende Keimschlauch ist gerade (Fig. 12), oder wellig gebogen, bisweilen gekniet (Fig. 14), der Regel nach im Wachsthum begrenzt und durch seine alsbald eintretende Knospenbildung als Promycel charakterisirt. Vorzugsweise entstehen drei laterale Sporidien und eine terminale (Fig. 16) an den Promycelien, von welchen ausnahmsweise auch einmal zwei aus einer Spore entspringen können. Bisweilen sitzen die Sporidien auf kleinen Stielchen (Sterigmen), wie bei Ust. Carbo auf dem französischen Raygrase. Gewöhnlich nach, in einzelnen Fällen vor der Sporidienbildung (Ustil. receptac. auf Tragopogon prat.) theilt sich das Promycel durch Querscheidewände und stirbt allmählig ab. Nach ungefähr einem Tage tritt sowohl bei den noch auf dem Promycel festsitzenden, als auch bei den freien Sporidien die Copulation ein. Diese Copulation, die als einfache Verbindung zweier Knospenzellen durch seitlich auf einander zu wachsende Ausstülpungen erscheint, wird neuerdings von einzelnen Forschern für einen ähnlichen Akt, wie bei Mucor beschrieben worden ist, gehalten, also für einen die Befruchtung vertretenden Vorgang[1]). Die beiden copulirten Sporidien entsenden fast immer nur einen Keimschlauch.

Was hier im Allgemeinen besprochen, bezieht sich speziell auch auf den

1. Staubbrand des Getreides. Ustilago Carbo Tul.[2])
(Tafel VII. Fig. 16.)

Derselbe besitzt zwar einen größeren Verbreitungsbezirk als der Steinbrand, weil er außer dem Weizen auch noch Gerste und vorzugsweise Hafer nebst einer großen Anzahl von Wiesengräsern heimsucht, ist aber bis jetzt von der Praxis für weniger gefährlich angesehen worden. Spelz- und Dinkelarten leiden auch hier weniger, als unser gemeiner Weizen (Tr. vulg.), dessen Sommerfrucht mehr als die Winterfrucht, im Gegensatz zur Gerste, heimgesucht wird. Auch der Roggen leidet von einem Staubbrande; derselbe ist aber von Ustilago Carbo verschieden

1) Oersted's System der Pilze ꝛc. aus dem Dänischen von Grisebach und Reinke. Leipzig 1873. S. 16.

2) Syn.: Uredo segetum Pers. — Ustilago segetum (Dittm.) Lk. — Caeoma segetum Lk. — Reticularia segetum Bull. — Caeoma destruens Schlecht. — Uredo Carbo DC.

und schon kenntlich an den Sporen, welche bei U. Carbo glatte (Fig. 16), bei dem Roggenbrande (U. secalis Rabh.) netzförmig verdickte Oberfläche haben.

Bei dem Staubbrande, wie bei dem Steinbrande erkennen wir zur Reifezeit des Getreides nur noch die reifen Sporen, welche aber hier längst durch ihre Ausdehnung das Gewebe der Nährpflanze, in welchem sie sich gebildet, durchbrochen haben, frei an die Luft getreten sind und unzählige ihrer Genossen bereits durch den Wind verloren haben. Wenn die Aehre noch von der obersten Blattscheide umschlossen ist, schimmert die Sporenmasse schon schwarz durch das umhüllende Blatt. Die jüngeren Zustände sind daher noch schwieriger aufzufinden als bei dem Steinbrande und es gelingt dies nur, wenn man die Seitentriebe bestockter Pflanzen untersucht, wofür sich der Hafer am besten eignet.

Der Hafer zeigt auch am deutlichsten die lückenhafte Vertheilung des Mycels, da er in derselben Rispe gesunde und vom Pilze zerstörte Körner vereinigt. Bei Weizen und Gerste dagegen sind die Körner, welche auch nicht vom Pilz befallen, in der Regel verkümmert.

Die jugendlichen Zustände des Parasiten stellen sich dem bloßen Auge als eine weißliche, weiche Masse im Innern des Fruchtknotens oder im Gewebe der Spelzen dar. Die Masse besteht aus den verzweigten und knauelartig verworrenen Mycelfäden, die in der oben beschriebenen Weise ihre kleinen glatten, etwa nur 0,006 Mm. Durchmesser zeigenden Sporen ausbilden. Die Sporen, welche also viel kleiner als bei dem Steinbrande sind, weichen auch in der Art ihrer Keimung von demselben ab. Der kurze Keimschlauch des Promycels, welches bei frischen Sporen schon nach $4^1/_2$—5 Stunden erscheint, bildet nach etwa 18 Stunden die ersten Sporidien, die in der Regel zunächst an der Spitze erscheinen (Fig. 16 c). Meist entstehen dann noch drei seitliche, welche bisweilen (bei Arrhenatherum) gestielt auftreten. Hier scheint das Licht einen Einfluß auf die Keimung auszuüben, da bei Lichtabschluß eine Verzögerung des Aktes beobachtet worden ist. In anderen, von R. Wolff häufiger beobachteten Fällen sendeten die Glieder des getheilten Promycels selbst Keimschläuche aus ohne vorhergegangene Sporidienbildung. Solche Keimschläuche entspringen in der Nähe der Scheidewand des Gliedes. Dabei ließ sich bisweilen beobachten, daß die Keimschläuche zweier benachbarten Glieder des Promycels ganz dicht neben einander entsprangen; solche wuchsen alsbald zusammen zu einem einzigen Schlauche, in welchem an der Basis die ursprünglich sie trennende Scheidewand noch kenntlich war.

Das Eindringen der Keimschläuche in die Pflanze ist experimentell zuerst durch Hoffmann[1] nachgewiesen worden. Derselbe machte 6 Jahre hindurch künstliche Impfversuche[2] an den verschiedensten Stellen sowohl der blühenden Gersten-

1) Hoffmann: „Ueber den Flugbrand" in Karstens Bot. Untersuchungen 1866. S. 206.

2) Rohe Impfversuche scheint schon Plenk (Physiologie und Pathologie d. Pfl. Wien 1795. S. 130) beobachtet zu haben, obgleich er die Natur des Brandes nicht kannte. Er sagt: „Der

Pflanze, als auch am keimenden Samenkorne und fand neben mehreren hundert Fällen, die nicht gelungen waren, doch auch mehrere, wo die Sporen, auf die gesprengte Wurzelscheide eines Kornes gebracht, alsbald keimten und ein massenhaftes Mycel entwickelten, dessen Fäden, zum Theil die Zellen durchbohrend, nach dem jungen Knöspchen empor stiegen. Es gelang sogar das im Freien selten beobachtete Auftreten des Mycels auf der inneren Oberfläche des zuletzt gebildeten Blattes nachzuweisen und dasselbe im Halm und in der Aehrenspindel weiter zu verfolgen[1]). Auch ein zweiter Weg, den die Keimfäden des Pilzes nehmen können, ließ sich experimentell feststellen, indem die Inoculation an dem primären Knoten oder Wurzelhalse vollkommen gelang, so daß es nicht zweifelhaft ist, auf welche Weise auch bei dem Staubbrande im freien Lande die Getreidepflanze von dem Schmarotzer angegriffen wird.

2. Der Hirsebrand. Ustilago destruens (Schlecht.) Duby[2]).

Bei der geringeren Ausdehnung, welche der Anbau der Nährpflanze des Schmarotzers besitzt, ist die Krankheit im Allgemeinen von geringerer Bedeutung, obgleich sie in manchen Gegenden fast regelmäßig auftritt und durch gänzliche Vernichtung des Blüthenstandes nicht unerheblichen Schaden verursacht. Der Parasit ist zwar nicht auf unsere angebaute Hirse (Panicum miliaceum L.) beschränkt; allein seine anderen Nährpflanzen sind nur wild vorkommende Gräser (Panicum repens L., Setaria glauca P. B.), welche durch ihre geringe Bestockung einen untergeordneten Futterwerth besitzen. Auf der Kolbenhirse (Setaria viridis Beauv., S. panis Jess.) ist von Körnicke eine andere Brandart (Ustilago Crameri), aber nicht der Hirsebrand beobachtet worden. Wie bei den vorigen Brandarten entwickelt auch hier der Pilz seine Sporen erst im Blüthenstande der Pflanze; derselbe wird aber bedeutend mehr, als der der übrigen Getreidepflanzen verunstaltet, was mit der frühen Ausbildung der Sporen im Verhältniß zur Entwickelung der Hirserispe zusammenhängt. Wenn die Rispe noch gänzlich von den oberen Blattscheiden umhüllt ist, haben die Sporen sich bereits zu einem locker zusammenhängenden Pulver, welches klumpig die Rispenäste des Blüthenstandes einschließt, ausgebildet. Nur in seltenen Fällen gelangt die Hirserispe noch so weit zur Entfaltung, daß die

---

Kornbrand von einem unbekannten Ansteckungsgifte. Daß die Krankheit ansteckend sei, lehrt der Uebergang derselben in gesunde Halmen, wenn sie mit diesem Staub bestreuet werden. Daß die Ursache der Krankheit nicht in dem Bälglein allein, sondern in der Wurzel selbst liegen müsse, erkennt man aus dem langsamen Wachsthum der Halmen, ihrer geringen Anzahl und ihren bräunlich schwarzen Flecken."

1) Bisweilen zeigt sich übrigens schon Fruktifikation unterhalb der Aehre; ebenso wie manchmal Mycel auch äußerlich einen kranken Fruchtknoten umspinnt.

2) Syn. Uredo segetum var. b. Pers. — Uredo Carbo var. DC. — Caeoma destruens Schlecht. — U. neglecta Niessl. — Erysibe Panicorum Wallr. α et β. — Uredo destruens Dub.

einzelnen Aeste des Blüthenstandes gesondert erscheinen; meist stellt der Blüthenstand einen etwa kegelförmigen, anscheinend soliden, von einem Theile der vertrockneten Blattscheide eingeschlossenen, gelblich grauen Körper dar, der bei völliger Trockenheit aufreißt und die braunschwarze Sporenmasse aus seinem Inneren austreten läßt. Selbst wenn sich ein Theil der Rispenäste entwickelt, sind dieselben verkümmert und hin und her gedreht.

Bevor noch die Rispe sich soweit entwickelt hat, daß an ihr die Erkrankung wahrgenommen werden könnte, zeigt nach Kühn[1]) die brandige Pflanze in der Regel schon durch den Habitus ein Leiden an. Die Blattspitzen solcher Pflanzen, gleichviel ob dieselben auf sehr magerem Sandboden sich kümmerlich entwickelt oder bei reicher Nahrung sich sehr üppig ausgebildet, werden frühzeitig trocken und erscheinen meist dichter behaart. Die Sporen, welche $1\frac{1}{2}$ mal größer als die des Flugbrandes, sind annähernd kugelig oder länglich rund, nicht ganz regelmäßig, schwarzbraun und mit netzförmig verdicktem (nach R. Wolff ganz glattem) Epispor versehen. In der Keimung stimmen sie nahezu mit denen des Flugbrandes überein. Nicht selten tritt am Keimschlauche eine halbkugelige seitliche Anschwellung, wie bei Ustilago Carbo auf, die sich abgrenzt und ablöst; die Anschwellung, sowie die isolirten Stücke des Promycels keimen ebenfalls. Die Bildung eiförmiger Sporidien ist im Ganzen seltener. Der Entwicklungsverlauf der Krankheit ist jedenfalls, wie bei Ustilago Carbo; wenigstens zeigen die Impfversuche von Hoffmann[2]), daß der Parasit auch hier in die junge Pflanze eindringt und mit derselben in die Höhe wächst. Der Versuchsansteller brachte 6 mit Speichel benetzte und mit Sporen bestreuete Samen in ausgekochte Erde und erhielt davon drei Pflanzen mit brandigen Rispen. Eine Infektion gelang hier aber auch durch Durchschneidung der jungen Vaginula und der inneren Blattanlagen in der Gegend des Vegetationspunktes etwa 2 Linien über dem Boden an einer schon $2\frac{1}{2}$ Zoll hohen Hirsepflanze mit 4 entwickelten und einem eingerollten Blatte.

3. Der Maisbrand. Ustilago Maydis Tul.[3]) (Tafel VII.)

Bei der zwar langsamen aber doch immerhin merklichen Verbreitung, die der Mais auch bei uns erlangt, indem er als Futterpflanze ohne Rücksicht auf die Samenreife gebauet wird, ist es geboten, noch etwas spezieller auf eine Brandkrankheit desselben einzugehen. Dieselbe erlangt dadurch eine größere Bedeutung, daß der Brandpilz nicht blos die Blüthenkolben vernichtet, sondern auch an den Stengeln und Blättern große Auswüchse erzeugt, die mit reichlichem Sporenpulver

1) Kühn: Krankheiten der Kulturgewächse. 1858. S. 68.

2) Hoffmann: Ueber den Flugbrand. A. a. O. S. 206.

3) Syn. Uredo Maydis DC. — Uredo segetum γ DC. — Caeoma Zeae Lk. — Erysibe Maydis Wallr.

angefüllt sind. Dieses Pulver soll nach übereinstimmenden Beobachtungen vieler Forscher durchaus schädlich auf den Thierkörper wirken und die gewonnene Futtermasse durch seine Beimengung gradezu vergiften.

Eine Erscheinung, welche den Maisbrand von den bisher erwähnten unterscheidet, besteht in der Bildung eigenthümlicher, weißgrauer, glänzender, seitlich zusammengedrückter, aus verschmälerter Basis keulig sich ausbreitender, bisweilen zolllanger Brandpusteln, deren Wandung aus dem aufgetriebenen, durch abnorme Zellvermehrung entstandenen Gewebe der Nährpflanze[1]), deren Inhalt größtentheils aus dem Sporenpulver des Pilzes gebildet ist.

Diese Pusteln erscheinen fast immer zu vielen vereinigt; sie bilden am Stengel faustgroße Beulen, welche der Krankheit auch den Namen Beulenbrand zugezogen haben. Da sie am häufigsten am Kolben auftreten und annähernd die Gestalt des Maissamens haben (Fig. 1 b), so ist man leicht verleitet, zu glauben, die Gestalt der Brandpustel sei durch das Maiskorn bedingt. Die ganz ähnlichen Bildungen aber, welche nicht selten dicht an der Basis des Stengels hervorbrechen, widerlegen diese Ansicht. Wenn die Pusteln nahezu ausgewachsen sind, zeigen sie unterhalb einer straffen Haut eine schmierige, braunschwarze, vom Fingerdruck sich formende Masse, die später allmählig austrocknet und theilweis als Pulver ausstiebt, wenn die bei dem Vertrocknen faltig werdende Hülle in Fetzen zerreißt.

Das Mycel, welches sowohl in der Aehrenspindel, als auch im Stengel ziemlich leicht nachweisbar ist, bildet hier häufig lange, geradläufige, oft durch mehrere Zellen hinter einander verlaufende Stränge (Fig. 2) und hier sieht man namentlich die schon oben erwähnte Erscheinung deutlich, daß einzelne Mycelfäden mit einer Zellwandwucherung in Form einer Celluloseschéide umgeben sind (Fig. 2 a). In Fig. 3 u. 4 bezeichnet m den Mycelfaden und s die Celluloseschéide. Die Erscheinung tritt um so häufiger auf, je mehr man sich der Aehre nähert; dort bildet das Holzparenchym der Spindel und die Fruchtknotenwand die geeignetsten Heerde. Auch im Parenchym der Blätter ist ihr Vorkommen nicht selten und hier finden sich auch (nach F. v. Waldheim) namentlich viele Haustorien (Fig. 2 b) ausgebildet. Das ursprünglich sparsamer verästelte Mycel schickt sich in der sich ausbildenden Brandpustel alsbald zur Sporenbildung an. Zuerst immer am Spitzentheil der einzelnen Brandpusteln beginnt (nach Kühn) die reichere Verästelung des Mycels, die mit der Bildung sehr zahlreicher, äußerst feiner Zweige endigt; letztere sind die eigentlichen Sporen erzeugenden Fäden (Fig. 5 a, 8 a).

Die Sporenbildung beginnt mit dem Anschwellen der Spitzen dieser feinen, oft büschelig verzweigten und stets durch einander gewirrten Fäden (Fig. 9), in welche vorzugsweise das ölreiche Protoplasma wandert und welche alsbald in ihrem Inhalte eine mehr oder minder große Zahl Kerne erkennen lassen (Fig. 10). Da an der Stelle, wo ein Plasmakern liegt, der gallertartig gewordene Faden (Fig. 7)

1) de Bary: Untersuchungen über die Brandpilze. 1853. S. 7.

anschwillt, so erhält er allmählig ein perlschnurartiges Ansehn. Manchmal findet man Fäden in der Fruchtknotenwand, wie sie Fig. 6 darstellt. Wahrscheinlich sind dies Sporen bildende Fäden in abnormer Entwicklung. Die einzelnen Glieder erscheinen später durch eine eigene Membran als gesonderte, durch den Faden zusammengehaltene junge Sporen, deren Inhalt sich vermehrt und kleine Oeltröpfchen aufweist (Fig. 11) und deren Wandung sich durch die Anlage des unebenen Episporiums zu bräunen beginnt.

Durch diese fortschreitende Entwicklung der Spore erhält auch die Brandbeule für das bloße Auge ein anderes Aussehen. Dort, wo die Bräunung der Sporen in größerem Maaße stattfindet, verfärbt sich auch das Gewebe der Beule, und da die Entwicklung der Sporen nicht gleichzeitig stattfindet, so schimmern zuerst braune Streifen und Flecken durch die straffe umschließende Haut der Brandbeule; allmählig dehnt sich dann die Verfärbung über das ganze Organ aus. In diesem Stadium sind aber auch am Rande die gallertartigen Wandungen der die Sporen einschließenden Fäden, sowie die Mycelreste, vollständig resorbirt; nur im Innern der Brandpustel ist der Vorgang in der Regel noch nicht ganz vollendet und während die äußerst gelegenen reifen Sporen bereits ihre sphäroidale Gestalt und warzig stachelige Oberhaut angenommen und frei zum Verstäuben bereit liegen, zeigt sich im Inneren noch jener frühere Zustand, in welchem die noch vorhandene gallertartige Membran der Fäden eine zusammenhängende schmierige Sporenmasse darstellt. So wie die Gesammtmasse der Sporen in der Beule, von außen nach innen fortschreitend, reift, so ist auch die Entwicklung der Sporen im einzelnen Faden eine centripetale. Nach Kühn, dem wir hier in der Darstellung vorzugsweise folgen, keimen die Sporen in Wasser schwer oder gar nicht, während dies bei Stein- und Staubbrand auf der Oberfläche eines Wassertropfens leicht stattfindet. In feuchter Atmosphäre dagegen platzt in der Regel schon innerhalb eines Tages das Epispor spaltenförmig auf und der meist gerade (Fig. 12 p), bisweilen wellige, sehr häufig winkelig gebogene (Fig. 14 p) Keimschlauch tritt hervor. Bisweilen schon am ersten Tage, in der Regel innerhalb 48 Stunden zeigt sich die Bildung von Sporidien (Fig. 15 c). Wenn durch irgend ein Hinderniß das Promycel in seiner Entwicklung gehemmt wird, bildet sich ein Ast, der sich zum Mycel verlängert (Fig. 13)[1].

4. Der Roggenkornbrand, Ustilago secalis Rabh.[2],

ist eine Erscheinung der seltneren Art und daher bis jetzt noch wenig gekannt. Wir sind vorläufig auf die Notizen, die Kühn in seinem Werke über die Krank-

1) Von Tulasne ist noch eine zweite Art Ustilago in den Aehren der Maispflanze entdeckt worden; dieselbe heißt U. Schweinitzii Tul. Diese Brandart gehört auch zu den wenigen, bei denen das Epispor wirklich mit hervorstehenden Stacheln besetzt ist, während die früher angegebene netzförmige Verdickung der meisten Brandsporen nicht durch Erhabenheiten, sondern durch abwechselnd dichtere und dünnere Stellen in derselben Ebene hervorgerufen wird (Fischer v. Waldheim).

2) Syn. Uredo secalis Rabh.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin

W. A. Meyn lith.

heiten der Kulturgewächse giebt, fast ausschließlich angewiesen. Die Aehre einer an dieser Krankheit leidenden Pflanze bietet nichts Abnormes; nur die Frucht ist verkürzt, bald in der Mitte, bald an der Spitze aufgedunsen und bräunlich gefärbt. Durch Berührung zerreißt die Fruchthülle und zeigt als Inhalt einen braunschwarzen geruchlosen Staub aus Sporen. Diese sind kugelig, selten ellipsoidisch oder oval (nach Fischer v. W.), netzig verdickt, dunkel gefärbt; einzelne zeigen in der Mitte eine schwach durchscheinende Stelle.

III. Der Roggenstengelbrand. Urocystis occulta Rabh.[1]).

Die Krankheit tritt häufiger zwar, als die vorige, im Allgemeinen aber doch nur vereinzelt bei Roggen und Weizen auf[2]). Der Brandpilz, welcher sie veranlaßt, erscheint nicht nur im Fruchtknoten, sondern auch im Stengel und in den Blattscheiden; namentlich leidet das oberste Halminternodium, das nicht selten an einer Seite aufgerissen erscheint und das schwarze Sporenpulver des Pilzes zu Tage treten läßt. Bisweilen sind alle Theile der Pflanze befallen und die Aehre vollständig brandig; in andern Fällen sind die vegetativen Theile stark erkrankt, die Aehre selbst aber nicht brandig, sondern nur vertrocknet; dann und wann kommt die Aehre auch nicht einmal aus der obersten Blattscheide heraus. Wenn der vegetative Apparat brandig ist, findet sich der Pilz in dem Zellgewebe zwischen den Gefäßbündeln zuerst in Gestalt weißlich durchschimmernder Streifen von verschiedener Länge. Die Streifen werden mit der Zeit schwarz, die Oberhaut des Pflanzentheiles reißt entzwei und das die dunklere Färbung veranlassende Sporenpulver wird frei. Dasselbe besteht aber nicht aus einzelnen Sporen, sondern aus charakteristischen Sporenknäueln, in denen man eine bis zwei mittlere, dunkelste und größte Sporen unterscheidet (Fig. 20, 21). Dieselben sind noch von mehreren kleineren, etwa halbkugeligen, matt braun gefärbten Zellen in verschiedener Anordnung umgeben, welche mit ihrer breiten, flachen Basis den keimfähigen Sporenzellen fest aufsitzen. Ihr fast durchsichtiger, wässeriger Inhalt läßt schon vermuthen, daß sie nicht das genügende plastische Material besitzen, um einen Keimschlauch zu treiben und in der That ist auch noch nie eine Keimung derselben beobachtet worden.

Die Entwicklung dieser Sporenknäuel bei dem Roggenstengelbrande ist eine von den andern Brandarten abweichende. Zwar ist hier ebenfalls an den Orten, wo die Sporenbildung beginnen soll, in dem noch jugendlichen, stickstoffreichen Gewebe, das Mycel in strotzender Entwicklung, ohne, wie bisher, noch eine Scheide-

---

1) Syn. Erysibe occulta Wallr. — Uredo occulta Wallr. — Polycystis occulta Schlecht.

2) Aus Süd-Australien dagegen berichtet Hanstein (Bot. Zeit. 1864. S. 72), daß dieser Pilz in den fünfziger und Anfang der sechziger Jahre derartig verwüstend aufgetreten sei, daß in einzelnen Fällen $^2/_3$ der Ernte verloren gegangen.

wandbildung zu zeigen; es wird ebenfalls dünner und dünnwandiger, sowie mit ölreichem Plasma erfüllt. Die Sporen bildenden Fäden erreichen sogar dadurch noch mehr Aehnlichkeit mit den entsprechenden Gebilden der andern Brandarten, daß sie nun nicht mehr, wie bisher intercellular wachsen, sondern durch die Zellen hindurch sich bohren, ohne erst mit einer Celluloseſcheide sich zu umgeben und daß sie sich reich verästeln, wobei sie das noch junge Gewebe der Nährpflanze resorbiren. Aber während bei Ustilago Carbo aus den nur noch selten dünnere Zweige treibenden Verästelungen die Sporen in kleinen Anschwellungen bald seitlich, bald in der ganzen Länge des Fadens entstehen und beim Steinbrande sich an den Enden seiner, keulig anschwellender Zweige einzeln bilden, senden die plasmastrotzenden Fäden bei Urocystis occulta zunächst zahlreiche, verschieden dicke Zweige aus. Sobald zwei oder mehrere solcher Zweige auf einander treffen, verschlingen sie sich in eigenthümlicher Weise mit einander und ihre Enden schwellen keulig an. Mit dem fortschreitenden Wachsthume der entstandenen Knäuel werden die Membranen der sie zusammensetzenden Fäden undeutlich; in der gleichmäßig werdenden Inhaltsmasse treten kleine Oeltröpfchen auf. „Der ganze Knäuel, sagt Wolff[1]), umgiebt sich mit einer Membran, welche ihn, sich nach innen fortsetzend, oft in mehrere, fest aneinanderhaftende Parthieen scheidet; die Bildung eines jungen Urocystis-Sporenhäufchens ist damit beendet. Dasselbe trennt sich dabei auch von den Bildungsfäden durch eine Membran. Mit seinem fortschreitenden Wachsthume verdickt sich das feine Endosporium (?), wird deutlich doppelt contourirt, nimmt bräunliche Färbung an und nun beginnt die Bildung der eigenthümlichen sporenartigen Anhängsel. Es legen sich nämlich in verschiedener Anzahl und an beliebigen Stellen des jungen Sporenhäufchens Fäden des umgebenden Mycels fest an dasselbe an; diese schwellen an ihren Enden ebenfalls keulenförmig, oft sehr beträchtlich auf; diese Enden trennen sich von dem Faden durch eine Querwand ab, erhalten unter einer der vorbesprochenen gleichen Inhaltsveränderung eine feine Membran, welche sich verdickt und bald doppelte Contour und bräunliche Färbung erkennen läßt."

Die Keimung der dunkelen innersten Sporen des Knäuels schließt sich an die der Tilletia an. Mehr als drei Keimschläuche (Fig. 20 u. 21 p) sind bisher an einem Sporenballen nicht beobachtet worden; ihre Dicke ist sehr variabel und nur die stärkeren entwickeln Sporidien in Gestalt der Kranzkörperchen des Steinbrandes, aber in meist geringerer Anzahl und von ungleicher Länge und Dicke (Fig. 20 u. 21 k). Die Copulation der Kranzkörperchen, sowie die Bildung sekundärer Sporidien scheinen hier nur seltene Vorkommnisse zu sein. Die Kranzkörperchen oder Sporidien keimen bald nach ihrer vollkommenen Ausbildung, ohne sich von dem Promycel zu trennen, indem meist an der Basis ihrer nach außen gerichteten Seite eine Anschwellung entsteht, welche zum etwa nur halb so dick, wie die Sporidie werdenden Keimschlauche (Fig. 21 m) auswächst. Der Keimschlauch dringt nun durch die Epidermis des

1) Wolff: Der Brand des Getreides 1873. S. 27.

ersten scheidenförmigen, noch nicht durchbrochenen Blattes, wobei Promycel und Sporidie schnell ihren Inhalt verlieren und zerfallen. Das Eindringen in die Epidermiszelle ist ganz charakteristisch, indem nämlich der Keimschlauch zwar die Cuticula und die äußeren Schichten der Epidermiswandung durchbohrt, aber die innersten jüngsten Schichten derselben nur ausstülpt, so daß er, sammt seinen schon hier auftretenden reichlichen Verzweigungen von einer Celluloseschelde umgeben ist. Solche Verzweigung innerhalb der ersten Epidermiszelle findet bei den Keimfäden der andern Brandarten nicht statt. Nachdem das junge Mycel die zweite Wandung der Epidermiszelle durchbrochen, wächst es nach Wolff[1]) in den Intercellularräumen weiter und sendet nun feine Haustorien in das Zellinnere, während das Mycel von Staub-Hirse- und Steinbrand wieder neue innere Zellen durchbohrt und innerhalb derselben von neuen Celluloseschelden umgeben wird. Wenn bei diesen letzteren Brandarten das Mycel in den Intercellularräumen vorwärts geht, sendet es, wie bereits erwähnt, gedrehte, knauelige Haustorien in die Zellen hinein. Der ganze Plasmainhalt häuft sich in dem vorderen Theile des Fadens, während alsbald die älteren Theile des Mycels rein wässerigen Inhal thaben, sich durch Scheidewände abgrenzen und bald absterben, aber noch längere Zeit in den Nährgeweben, die ja überhaupt nicht durch die Eingriffe des Mycels absterben, kenntlich bleiben. Nach demselben Beobachter geht nun das Mycel nicht, wie man wohl vermuthen könnte, in dem scheidenförmigen Blatte abwärts nach dem Knoten hin, sondern durchwächst quer das ganze Organ, durchbohrt die innere Epidermis und wandert auf diese Weise in das junge, grüne, eingeschlossene, erste vollkommene Grasblatt, um auch dieses in derselben Richtung zu durchwuchern, das innerste, jüngste anzugreifen und in den noch unentwickelten Halm zu gelangen. Hier durchwuchert es vorzugsweise die Knoten. Beginnt der Halm, sich zu strecken, so kann bei der außerordentlichen Schnelligkeit dieses Vorganges das Mycel nicht folgen; es wird zerrissen und gelangt nur in dem obersten jüngsten Halmgliede und (bei den andern Brandarten) nur in der Aehre zur weiteren Entwicklung, indem es sich allmählig zur Sporenbildung anschickt.

Jetzt, nachdem wir die Lebensweise der Pilze, welche die Ursache der Brandkrankheiten sind, kennen gelernt haben, werden wir die früheren Angaben über die vermeintlichen Ursachen zu würdigen wissen. Die als Krankheitsursachen früher hingestellten Einflüsse, wie geschlossener, feuchter Standort, undurchlassender Boden, sog. stinkende Nebel, magere Ernährung, frische Düngung u. s. w. können den Brand nicht hervorrufen, wohl aber unter Umständen dessen Verbreitung begünstigen, indem sie die Pflanzen länger in dem jugendlichen Zustande erhalten, in welchem sie der Infektion ausgesetzt sind und indem sie theilweis die Entwicklung

1) Wolff: a. a. O. S. 21.

der Brandsporen fördern[1]). Hieher gehört auch ein schlechtes Unterbringen der Saat insofern, als bei frei oder fast frei liegenden Samen Brandsporen und deren Conidien um so leichter auf die junge Scheide geweht werden, die durch Wolff als Angriffsheerd festgestellt worden ist. Als Vorbeugungsmittel werden daher alle diejenigen Einrichtungen anzusehen sein, welche eine schnelle kräftige Entwicklung der Keimpflanze, namentlich schnelles Ausreifen des ersten Scheidenblattes bedingen. Dahin sind frühe Saatzeit bei warmer Witterung, Drainage u. s. w. zu rechnen. Treten nun die für die Pilze günstigen Bedingungen zur Zeit der Keimung des Getreides ein, so werden viele brandige Aehren die Folge sein. Von den empfohlenen Mitteln gegen die Brandkrankheiten können wir die von Kühn angegebenen wohl als die besten betrachten. Kühn empfiehlt zunächst ein gesundes Saatkorn, das sich durch Schwere und vollkommene Entwicklung auszeichnet; kommt dasselbe von einem Acker, der brandige Aehren hatte, so ist es nothwendig, dasselbe mindestens zu waschen, um die möglicherweise anhängenden Pilzsporen, so gut es gehen will, zu entfernen.

Sicheren Schutz gewährt das Abwaschen aber nicht und es ist, wenn irgend thunlich, das Beizen der Saat anzuwenden. Von den vielfach empfohlenen Beizen hat Kühn das Bestreuen und längere Liegenlassen des Saatgutes mit Aetzkalk zwar wirksam gefunden, vor allem aber das 12—16 stündige Einweichen in stark verdünnte Lösung von Kupfervitriol als das wirksamste empfohlen. Auf etwa 250 Liter Getreide wird am besten 1 Pfd. blauen Vitriols verwendet, der in heißem Wasser gelöst und dann mit kaltem Wasser so weit verdünnt wird, bis die Lösung 3—4 Zoll hoch den Samen überdeckt, damit beim Quellen die oberen Samen nicht trocken zu liegen kommen. Der eingeschüttete Weizen wird wiederholt umgerührt und alles an der Oberfläche Schwimmende wird abgeschöpft. Der Samen bleibt 12 und, wenn viel Brandkörner darin sind, 16 Stunden eingequellt, wird alsdann flach ausgebreitet und mehrfach gewendet, wodurch er bald derartig trocken wird, daß er schon nach einigen Stunden mit der Hand und nach 24 Stunden mit der Maschine gesäet werden kann.

In neuester Zeit sind diese Beizversuche von Nobbe[2]) und Kühn[3]) wieder aufgenommen worden, um die Frage zu lösen, ob auch schon das Durchtränken der Getreidehaufen mittelst Besprengen durch Kupfervitriollösung wirksam genug sei. Aus den von mir[4]) früher angestellten Beizversuchen hat sich allerdings ergeben, daß ein mehrmaliges Durchfeuchten des Haufens so gut, wie Einquellen wirkt;

---

1) Knop fand bei Wasserkulturen diejenigen Pflanzen besonders vom Brande befallen, denen Kieselsäure fehlte. (Versuchsstationen 1865, cit. in Hoffmanns mykolog. Bericht. d. Bot. Zeit. 1866. S. 71.)

2) Landwirthsch. Versuchsstationen Bd. XV.

3) Neue landwirthsch. Zeit. v. Fühling 1872. Heft 9.

4) Landwirthsch. Annalen des Mecklenburg. patriot. Vereins 1867. No. 34.

aber trotzdem möchte ich dasselbe deßwegen nicht anrathen, weil man bei größeren Quantitäten nicht ohne Anwendung größerer Arbeitskraft im Stande sein dürfte, alle Körner lange genug mit der Lösung in Berührung zu bringen. Eine längere Berührung mit der Beize ist aber darum nöthig, weil die dem Korne anhängenden Luftschichten die vollständige Benetzung desselben zunächst verhindern und die namentlich an der behaarten Spitze sitzenden Pilzsporen vor Einwirkung der Lösung schützen und weil zweitens diejenigen Körner, welche voll Steinbrandsporen sind und bei dem Dreschen nicht verletzt worden, lange Zeit durchweicht werden müssen, um die im Innern des Kornes befindlichen Sporen zu tödten. Meine eigenen Versuche sollten damals feststellen, bei welcher Concentration der Lösung ein wesentlicher Ausfall in der Keimfähigkeit des Saatgutes beginnt; zweitens sollte in Erfahrung gebracht werden, ob die durch Maschinen- und Handdrusch gewonnenen Körner sich der Beize gegenüber gleich verhielten. Letzteres war nicht der Fall. Bei 28 Versuchsreihen zeigten die durch Handdrusch gewonnenen Körner den geringsten Procentsatz keimungsunfähiger Samen. Der Grund mag darin zu suchen sein, daß die Maschinen viele Körner verletzen, was man oft mit dem bloßen Auge nicht wahrnimmt. Solche Verletzungen lassen dann die Lösung sofort in das Innere des Kornes eindringen. Betreffs der anzuwendenden Concentration der Lösung ergab sich, daß die bei dem Drusch unversehrtesten Körner nach 24 stündigem Einweichen in eine 1% Lösung immer noch 4% Verlust gaben. Einige der gekeimten Pflanzen zeichneten sich dabei durch Kürze der Blattscheiden und flache Ausbreitung der Blattspreite der zurückgebogenen, oft in der Mitte gespaltenen unteren Blätter aus, was wohl einer zu starken Einwirkung der Beize zuzuschreiben ist. Man wird daher bei dem von Kühn als wirksam und vollständig ausreichend empfohlenen 16 stündigen Einquellen in eine ½% Lösung in jeder Hinsicht den besten Erfolg erzielen.

Es läßt sich allerdings nicht läugnen, daß auch die von Kühn angegebene Quelldauer und Concentration der Beize immerhin noch einen gewissen Prozentsatz Verlust giebt, so daß man ⅓ mehr Saat für gebeizten Weizen annimmt, und daß auch die Keimung selbst verlangsamt wird. Selbst bei 0,1% Lösung und einstündiger Quelldauer treten störende Erscheinungen ein[1]). Die Testa springt später auf, wodurch bisweilen die Plumula verhindert wird, auszutreten, oder es bleibt nicht selten das erste scheidenförmige Blatt ungespalten, wodurch der eingeschlossene Kegel der grünen Blätter, am Austritt gehemmt, sich hin und her krümmt und endlich seitlich im Bogen herauskommt, wobei seine Spitze in der Scheidenspitze noch lange eingeschlossen bleibt; in andern Fällen wird das erste scheidenförmige Blatt endlich in der Nähe der Basis abgesprengt. Bei dem Keimlinge selbst wird ferner die Ausbildung der Würzelchen ganz besonders beeinträchtigt, so daß sich

1) Emil Dreisch: Untersuchungen über die Einwirkung verdünnter Kupferlösungen auf den Keimprozeß des Weizens. Inauguraldissertation. Dresden 1873.

oft gar keine Würzelchen entwickeln, obgleich nicht selten die Plumula eine bedeutende Länge erreicht. Wenn die Würzelchen heraustreten, ist ihre Spitze braun statt gelblich und ihre Entwicklung ist für eine kurze Zeit recht dürftig.

Trotz dieser nachgewiesenen nachtheiligen Einflüsse des Beizens hat dasselbe doch kein Bedenken für die Praxis; denn erstens ist es häufig erwünscht wegen eintretender ungünstiger Saatwitterung, daß der gequellte Weizen nicht sofort keime, zweitens aber heben sich auch die Nachtheile des Beizens im Boden fast auf. Die Saat geht in der Regel nicht später auf; nur ist ein Zurückbleiben der einzelnen Körner bemerkbar, wodurch der Saatbestand ungleichmäßiger, als bei Wasserquellung wird. Je länger die Dauer der Beize, desto größer der Unterschied. Dieser Unterschied wird aber in 1—2 Tagen wieder ausgeglichen.

Auf die Frage, woher es komme, daß der Einfluß der Kupfervitriolbeize im Boden wieder aufgehoben wird, antwortet Dreisch mit einem Versuch. Wenn er nämlich die gebeizten Körner mit Kalkmilch abwusch, so war der Procentsatz an gekeimten Körnern, sowie auch die Entwicklung der Saat viel besser. Kalkwasser allein übt schon eine günstige Wirkung auf die Keimung aus. Wahrscheinlich ist es also der Kalkgehalt des Bodens, der den Einfluß der Kupferlösung paralysirt.

In Rücksicht auf die ebenfalls von Kühn als wirksam empfohlene 0,75 procentige Schwefelsäure-Beize kam Dreisch zu den Resultaten, daß durch sie die Keimfähigkeit und Entwicklung des Weizens in und außer der Erde in höherem Grade geschädigt wird, als durch die Kupferlösung. Ferner schimmeln derartig behandelte Körner sehr leicht und trocknen bedeutend schwerer. Auch hier hebt aber schon ein minutenlanges Abwaschen mit Kalkmilch eine 17 stündige Wirkung der Schwefelsäure wieder vollständig auf.

Dieses Beizen wird nicht nur gegen den Steinbrand, sondern auch gegen den Maisbrand erfolgreichen Schutz gewähren. Gegen Staubbrand und Hirsebrand bildet das Verfahren wenigstens ein Beschränkungsmittel. Gegen den Hirsebrand ist neuerdings[1]) wieder ein älteres Mittel empfohlen worden. Es besteht in dem Absengen der Sporen am Samen, der durch ein leichtes Feuer geschüttet wird. Ein Arbeiter hält einen etwa 1 Meter langen Strohwisch in der Hand, ein zweiter Arbeiter einen guten Reiserbesen etwa 1 Meter hoch über den Strohwisch. Ein dritter Arbeiter läßt das Saatgut aus einem Gefäße langsam durch die Reiser des Besens und das Feuer des angezündeten Strohwisches laufen, wodurch die Brandsporen abgesengt werden sollen.

Wir dürfen diese Erörterungen aber nicht schließen, ohne hervorzuheben, daß alle diese Bemühungen den Erfolg illusorisch machen können, wenn man brandiges Stroh als Dünger verwendet, wie dies (Landwirthsch. Centralblatt 1865) bei Waldau ausgeführte Versuche beweisen. Auf einem mit gebeiztem Weizen bestellten Felde wurde ein Theil vorher mit brandigem Stroh belegt und dieses untergepflügt.

1) Wiener landw. Zeit. 1873. S. 301.

Hier zeigte sich bei der Ernte die 5. bis 6. Aehre brandig, während auf dem übrigen Felde keine Brandähren zu finden waren [1]).

---

1) Die hier gegebenen Resultate vielseitigster Forschung würden nun eine andere Gestalt annehmen, falls sich die Untersuchungen von Hallier bestätigen sollten, welche in der neueren Zeit auch zur Kenntniß des größeren Publikums gelangt sind und deßhalb hier eine kurze Besprechung finden mögen.

Nach Hallier ist der Entwicklungsgang der oben besprochenen Brandarten durchaus noch nicht abgeschlossen. Tilletia und Ustilago können nämlich unter Umständen noch mehrere andere Formen entwickeln, welche die übrigen Mykologen als besondere Pilzspezies oder als Entwicklungsformen anderer Pilze ansehen, die nichts mit den Brandpilzen zu thun haben.

Eine Entwicklungsform, welche bei den meisten Pilzen, vielleicht bei allen auftreten kann (und bei dem Steinbrande z. B. nachgewiesen worden), ist die Hefeform, welche sich (Phytopathologie 1868 S. 226) von der Schimmelform, die allen Pilzen eigen ist, dadurch unterscheidet, daß Hefe ihren Sauerstoff der gährenden Substanz entzieht, den der Schimmel aus der Luft nimmt.

a. a. O. S. 217. Hefe und Schimmelbildungen sind Glieder in der Entwicklungsgeschichte höher entwickelter Pilze. Für die Hefepilze steht es fest, daß unter ihnen bis jetzt nicht selbstständige Organismen aufgefunden worden sind.

S. 223—224. Die Hefebildungen aller Pilze zeigen drei verschiedene Formen nach den ihnen gebotenen Substraten: Micrococcus, Cryptococcus und Arthrococcus. Die Ausbildung reiner Hefe beginnt stets damit, daß die Sporen ihre Kerne entlassen. Die freigewordenen Kerne sind meist bewegliche Schwärmer, welche bald zur Ruhe kommen und sich durch Quertheilung vermehren; sie bilden den Micrococcus, Kernhefe d. h. eine äußerst kleinzellige Hefe, welche besonders stickstoffreichen Boden liebt. Sie ist die Ursache aller Fäulnißprozesse, der Einleiter der ammoniakalischen Gährung.

Ist die Flüssigkeit der geistigen Gährung fähig, so blähen sich die Micrococcuszellen so auf, daß Wandung und Inhalt deutlich unterscheidbar sind; es entsteht Cryptococcus, Kugelhefe, welche sich durch Sprossung vermehrt. Beginnt dagegen in der angewendeten Flüssigkeit Säurebildung, so strecken sich die Kerne stark in die Länge und theilen sich durch Einschnürung; sie bilden dann den Arthrococcus, die Gliederhefe, wie solche in der saueren Milch und bei der Essigbildung gefunden wird.

Jede Hefe kann bei geändertem chemischen Prozesse in die andere übergehen, z. B. geht die Bierhefe, Cryptococcus cerevisiae, sobald die alkoholische Gährung vorüber ist und Luft hinzutreten kann, in den Arthrococcus über. Bei längerer Einwirkung der Luft entlassen die allmählig kugelrund werdenden Arthrococcuszellen ihren Inhalt, die Kerne (Micrococcus), und die Flüssigkeit geht in Fäulniß über.

S. 226. Die den Kulturgewächsen verderbliche Gährung ist die Fäulniß. Näße und mangelnder Luftzutritt sind die Bedingungen, durch welche alle Pflanzentheile in Fäulniß überzugehen vermögen; da die Näße die Hefebildung begünstigt. Außer der Kartoffel, Runkel- und Mohrrübe leiden besonders die zwiebelartigen Gewächse an Fäulnißkrankheiten. Dahin gehört die Ringelkrankheit oder Hyacinthenpest (?). Sämmtliche Holzkrankheiten sind hierher zu rechnen, namentlich alle unter dem Namen Brand (Mumificatio) zusammengefaßten Erscheinungen; ferner die Krebskrankheiten, die Kernfäule, Roth- und Weißfäule u. s. w. Alle diese Krankheiten sind wesentlich Fäulnißprozesse d. h. durch Hefebildungen eingeleitete Zersetzungen, bei denen die Mycelien und Hyphen lediglich als Verbreiter der Hefezellen auftreten.

Auch bei den Brandkrankheiten des Getreides kann die Micrococcushefe eine sehr wesentliche Rolle für die Verbreitung derselben übernehmen. Die Brandpilze sind nämlich durch die bisher

Bei der großen Anzahl der Staubbrandarten und der bisweilen bei ihnen sich zeigenden weiten Verbreitung über verschiedene Nährpflanzen, ist es nur möglich, hier einige derselben zu erwähnen. Wir entlehnen diese der schon mehrfach erwähnten Arbeit von Fischer v. Waldheim.

---

beschriebene Entwicklungsweise, welche Hallier im Allgemeinen anerkennt, durchaus noch nicht erschöpft in ihrem Formenkreise. Vielmehr entwickeln dieselben auf gewissen Substraten noch Formen, welche unsere allverbreiteten Schimmelformen vorstellen: Penicillium, Mucor und Eurotium-Aspergillus. Diese überall vorhandenen Schimmelformen können wieder Micrococcushefe erzeugen und diese wieder den Brand im Getreide hervorrufen.

Hallier kommt nämlich durch seine zahlreichen Aussaatversuche zu folgenden Resultaten (Phytopathologie 1868 S. 246—260. Landw. Versuchsstationen 1867 S. 260 ff. und 355 ff.): Es soll Tilletia Caries, der Steinbrand, nur dann in der oben beschriebenen Weise sich entwickeln, wenn feuchte Luft einen ziemlich trockenen Boden umgiebt und zwar einen Boden, der dem Weizenkorn möglichst ähnlich ist.

Ist der Nährboden gradezu flüssig, so bildet sich aus dem Keimschlauche ein Gliederfaden, dessen Glieder sich isoliren und in der Luft Conidien treiben. Im Innern der Flüssigkeit (untergetaucht) dagegen entwickeln die gegitterten Tilletiasporen Kernhefe (Micrococcus). Wenn diese Micrococcusschwärmer zur Ruhe gelangen und sich durch Einschnürung fortgesetzt theilen, so können die einzelnen Zellen an der Luft zu äußerst feinen Fäden, den sogen. Leptothrix- oder nach neuerer Benennung Mycothrix-Ketten vereinigt bleiben. Aus den Sporen des Steinbrandes erhielt nun Hallier bei einer Aussaat in etwas trockenen Stärkekleister wiederum nur die Brandsporen in großer Anzahl; auf Stärkekleister mit etwas weinsteinsaurem Ammoniak entwickelt sich dagegen an der Luft der Mucor racemosus Fres., ein Köpfchenschimmel.

Kurz nach dem Auftreten dieser Mucorköpfchen erscheint Penicillium crustaceum Fres., also der gewöhnliche grüne Brotschimmel. Säet man Sporen des letzterwähnten Pilzes im Pilzkulturapparate auf steifen Stärkekleister, so soll man nach etwa 4 Wochen im Kleister wieder Brandsporen (Tilletia) erhalten. Auf einem recht stickstoffhaltigen Boden (Stückchen Fleisch) in schwach nährender Flüssigkeit endlich soll aus den Mucor- und Penicilliumsporen die Achlya prolifera entstehen, ein Pilz, der auf todten, im Wasser liegenden Insekten bisher beobachtet worden und bei dem eine geschlechtliche Differenzirung und ein Befruchtungsprozeß nachgewiesen worden sind.

Wir haben also hier 4 Hauptgestalten, abgesehen von der Hefeform, die sich hier noch bilden kann und von unreifen Formen, die noch auftreten. Als erste Hauptform auf der Nährsubstanz erscheint eine Luftpflanze, deren Sporen sich frei an der Spitze von Hyphen entwickeln und das

Penicillium crustaceum Fres. darstellen;

zweitens eine Luftpflanze, welche ihre Sporen in kapselförmigen Behältern entwickelt,

Mucor racemosus Fres.; aus beiden kann

drittens innerhalb der Nährsubstanz, also bei gehindertem Luftzutritte der Steinbrand,

Tilletia Caries Tul. sich bilden;

viertens die geschlechtsreife Form, an der die Befruchtung sich vollzieht; hier

Achlya prolifera.

Ein ähnlicher Entwicklungsgang wird von Hallier auch für den Steinbrand des Raygrases und Taumellolchs, für Tilletia Lolii Auersw. angegeben. Die Schafe, welche derartig befallenes Futter fressen, sollen in Folge dessen die Schafpocken bekommen, und in den Talgdrüsen der Thiere ist nachher der mit schwanzförmiger Verlängerung versehene Micrococcus des Pilzes nachzuweisen.

Einen Steinbrand mit obigem Entwicklungsgange fand Hallier als Ursache einer Reiskrankheit, die mit der Cholera im Zusammenhang stehen soll (Choleracontagium 1867). Reiskörner, mit den Stuhlentleerungen und dem Erbrochenen von Cholerakranken übergossen und leicht mit Erde bedeckt, entwickelten brandige Pflanzen. Der aus dem Brandpilze sich entwickelnde Micro-

Der Staubbrand des Getreides Ustilago Carbo Tul. ist durchaus nicht auf die bisher erwähnten Getreidearten beschränkt; er findet sich vielmehr auch auf einer großen Anzahl anderer Gräser, welche theilweis zu den besten Futtergräsern zählen, wie z. B. auf dem Raygrase, Lolium perenne L., auf dem französischen Raygrase, Arrhenathernm elatius P. B., auf Goldhafer, Avena flavescens L., dem behaarten Hafer, A. pubescens L., auf dem Wiesenschwingel, Festuca pratensis Huds., auf Melica u. s. w.

Auf der Quecke (Agropyrum repens P. B.), und zwar auf der äußeren Oberfläche des Stengels und der Blattscheiden erscheint Ustilago hypodites Fr., die dieselben Organe auch bei dem Sandhaargrase (Elymus arenarius L.), bei dem Mannaschwaden (Glyceria fluitans R. Br.) und dem Schilfrohr (Phragmites communis Trin.) heimsucht. Der Mannaschwaden

---

coccus zerstört alles thierische Gewebe, Blut und Eiweiß und verwandelt dieselben in ganz dünnflüssige, geruchlose Produkte.

Die 4 wesentlichsten Formen, welche analog dem Steinbrande als Entwicklungsstadien des Staubbrandes sich darstellen, sind nach Hallier folgende:

1. Aerophytische Acrosporenform	2. Aerophytische Thecasporenform	3. Anaerophytische Sporenformen	4. Geschlechtsreife Form
Aspergillus entspricht dem Penicillium.	Sporidesmium-Stemphylium entspricht dem Mucor.	Ustilago Carbo, Staubbrand, entspricht Tilletia Caries, dem Steinbrande.	Eurotium entspricht der Achlya.

So wie hier bei den beiden bekannten Brandpilzen, sind von Hallier für eine bedeutende Anzahl anderer Pilze, deren Micrococcus Krankheiten des thierischen Körpers hervorrufen soll, analoge Entwicklungsformen aufgestellt worden. Diese Untersuchungen haben in ihrer Gesammtheit noch von keiner Seite eine Bestätigung erfahren. Allerdings hat die Beobachtung seit mehr denn 20 Jahren nachgewiesen, daß viele Pilze ganz verschieden gestaltete Entwicklungsstadien durchlaufen, die frühere Forscher als gesonderte Pilzspezies aufgefaßt. Auch weiß man, daß der Nährboden auf die Entwicklung der Pilzpflanze in vielen Fällen von bestimmendem Einflusse ist; ferner ist auch von den schärfsten Gegnern Hallier's zum Theil nachgewiesen, daß verschiedene Pilzsporen bei ihrer Keimung Sproßgebilde erzeugen können, welche der Bierhefe sehr ähnlich sind, ja von einem, von Hallier vorzugsweise häufig beobachteten Pilze, dem Mucor, dürfte es jetzt feststehen, daß die hefeähnlichen Sprossungen seiner Sporen Alkoholgährung herbeizuführen im Stande sind. Ebenso allgemein anerkannt wird der Zusammenhang gewisser Formen, die Hallier als Glieder eines Entwicklungskreises auffaßt, wie z. B. Aspergillus und Eurotium. Es treten auch mehrere Forscher (Bail, Hoffmann, Karsten, Lüders 2c.) für die Ansicht ein, daß von anderen Schimmelformen (Penicillium) Alkoholgährung erzeugende Hefe gebildet werden kann; aber es tritt, wie gesagt, bis jetzt Niemand für die Hallier'schen Gesammtresultate ein; dagegen liegen nicht wenige sehr gediegene Arbeiten verschiedener Forscher vor, die den Hallier'schen Beobachtungen widersprechen. Am meisten von Bedeutung aber ist der Umstand, daß bisher nur sehr wenige Botaniker die Bildung von Micrococcushefe aus Sporen beobachtet haben. Die überwiegende Mehrzahl der Beobachter hält die aus zerplatzenden Sporen von Schimmelpilzen austretenden, mit unseren stärksten optischen Hülfsmitteln schwer oder nicht auflösbaren Körperchen, für zerfallenen, nicht mehr fortbildungsfähigen Zell-Inhalt, Detritus oder auch für Bakterien, die früher in die Zelle eingewandert sind.

Unter diesen Umständen ist es daher für die Praxis gerathen, einfach abzuwarten, bis die außerordentlich schwierigen Untersuchungen sich geklärt haben werden, und vorläufig nur an den allgemein anerkannten Resultaten festzuhalten.

nebst den andern bei uns verbreiteten Schwaden (Glyceria spectabilis und aquatica Presl.) birgt auch noch Ustilago longissima Lév. in der Blattlamina zunächst der äußeren Oberfläche. Eine Varietät dieser Brandart, U. long. var. megalospora Riess entwickelt ihre sehr großen Sporen auf dem Knauelgrase (Dactylis) und einzelnen Arten der Gattung Poa. Auf dem Teichrohre (Phragmites) und dem Rohrkolben (Typha Tourn.) erscheint in den Stengeln und Blattscheiden Ustilago typhoides B. a. Br. (Ust. grandis Fr.). Im Innern des aufgedunsenen Fruchtknotens der verschiedenen Knöterícharten (Polygonum Bistorta L., Hydropiper L. und viviparum L.) reift Ustilago Candollei Tul. [1]). Am Grunde der inneren Oberfläche des Perigons, an der Basis der Staubfäden und im Fruchtknoten ebenfalls von Knöterícharten (Polygonum Hydropiper L., lapathifolium L., minus Huds. und Persicaria L.), sowie von dem kleinen Sauerampfer (Rumex Acetosella L.) wächst Ustilago utriculosa Tul. Auf den Stengeln von der Drathschmele (Aira caespitosa L.) und dem Wasserschwaden (Glyceria aquatica Prsl.) wächst Ust. grammica B. a. Br. Auch in den Wurzeln werden Brandarten gefunden, so z. B. Ust. marina Dur. in den Wurzeln von Binsen (Scirpus parvulus R. Sch.) und Ustilago hypogaea Tul. im oberen Theile der Wurzel eines Leinkrautes (Linaria spuria Mill.). Die Sauergräser leiden so reichlich wie die Süßgräser an Brand. Sehr zahlreiche Arten von ersteren (Carex) beherbergen auf der äußeren Oberfläche des Fruchtknotens die Ustilago urceolorum Tul. Bei einer Carex-Art (C. riparia Curt) ist auch im Inneren des Fruchtknotens ein Brand, Ust. olivacea beobachtet worden. In der Blüthe der verschiedenen Arten von Trespe (Bromus secalinus L. etc.) wuchert Ust. bromivora Fisch., welche von Tulasne für eine Varietät von U. Carbo angesehen wird. Auch die Blüthen der Feldskabiose (Knautia arvensis Coult) sind nicht selten brandig durch die in den Staubbeuteln nistende Ust. flosculorum Fr. Die nelkenartigen Pflanzen namentlich leiden ebenfalls vom Brande (Ustilago antherarum Fr.), der in den Staubbeuteln und nach Tulasne in den Narbenpapillen, sowie im Parenchym der Spitze des Fruchtknotens, der Staubfäden und Blumenblätter auftritt. Beobachtet wurde die Krankheit an der Carthäusernelke (Dianthus Carthusianorum L.), der Lichtnelke (Lychnis diurna Sibth. [2]), L. Flos cuculi L. und L. vespertina Sibth.), an dem Seifenkraute (Saponaria officinalis L.), den Taubenkopfarten (Silene inflata Sm., S. nutans L., S. Otites Sm., S. rupestris L.), endlich an dem grasblättrigen Sternkraute (Stellaria graminea L.).

Nach Unger und Kühn findet sich dieselbe Brandart auch an dem gelben Milchstern (Gagea lutea Schult.). Die wilde Schwarzwurzel (Scorzonera humilis L.) und die Haferwurzeln (Tragopogon porrifolius L. und pratensis L.) zeigen sich von Ust. receptaculorum Fr. befallen; hier erscheinen die Sporen auf der Außenfläche der Blüthen und des ganzen Blüthenbodens. Bei einem anderen Geschlechte derselben Compositenfamilie, bei einer Distel, Carduus acanthoides L., ist im Fruchtknoten noch eine Brandart, Ustilago Cardui Fisch., aufgefunden worden.

Unter den Liliengewächsen leiden die Traubenhyacinthe (Muscari comosum Mill.) und die Meerzwiebel (Scilla maritima L.) sowie Scilla bifolia L. und anthericoides Poir. von einer Brandart, Ustilago Vaillantii Tul., die in den Antheren und Pistillen zur Sporenbildung gelangt. Wir mögen nicht die lange Reihe durch die Aufzählung von Staubbrandarten an ausländischen Kulturpflanzen vermehren und erwähnen schließlich nur noch, daß auch Bäume, sowohl von Monocotyledonen als Dicotyledonen an Brand leiden können. Zu ersteren gehört die Dattelpalme (Phoenix dactylifera L.), deren Frucht von Ustilago Phoenicis Cord. leiden soll; zu letzteren gehört unsere Feige (Ficus Carica L.), bei der der fleischige Theil des Blüthenbodens durch Ustil. Ficuum Rehdt. zerstört wird.

1) Mit einer Columella und Peridie F. v. W.

2) Nach Miß Becker (Atheneum) und Cornu (Bull. soc. Franc.) (beide citirt in mykol. Ber. v. Hoffmann 1870. S. 72 u. 82) werden die brandkranken Pflanzen von Lychnis diurna (L. dioica L.) hermaphrodit.

Von der Gattung Urocystis sind außer U. occulta Rabh. auf Roggen und Weizen (Triticum vulgare Vill.) nur wenige zu nennen. Der auf den Stengeln, Blattscheiden und Blättern des Roggens vorkommende, von Fischer v. W. als eigene Art, Urocystis parallela B. a. Br. aufgestellte Brand ist nach Wolff der gewöhnliche U. occulta; derselbe ist auch auf Carex zu finden. Eine Carex-Art (C. acuta L.) beherbergt in den Blättern und Stengeln eine neue Brandart, Urocystis Agropyri Fisch. Uroc. Agrop. Preuss fand Fuckel auf allen Theilen der Quecken. Derjenige Stengelbrand, welcher die meisten Nährpflanzen aufzuweisen hat, ist Urocystis pompholygodes Rabh., die in den Stengeln, Blattstielen und in der Blattlamina verschiedener Anemonen, ferner des Scharbockkrautes (Ficaria ranunculoides Roth), der grünen Nießwurz (Helleborus viridis L. var. div.), des knolligen und kriechenden Hahnenfußes (Ranunculus bulbosus L.), der Tulpen u. a. vorkommt. Schließlich sei nur noch unser wohlriechendes Veilchen (Viola odorata L.) aufgezählt, in dessen Blattstielen und Blättern Urocystis Violae B. a. Br. (Sorosporium schizocaulon Violae Ces.) wohnt.

B. Uredineae. Rostpilze.

Die Rostkrankheiten zeigen sich fast in allen Familien des Pflanzenreiches auf allen grünen Pflanzentheilen in Form gelber oder brauner rauher Flecken.

Die Roste treten zwar viel häufiger als die Brandarten auf, sind aber weniger gefährlich, weil sie meist nur stellenweise das vegetative System, vorzugsweise den Laubkörper, zerstören; dagegen vernichten die Brandarten, wie wir gesehen, vorzugsweise die Reproduktionsorgane.

Die Pilze, welche die Rostkrankheiten verursachen, haben ihr septirtes Mycel im Inneren des Parenchyms lebender Pflanzen; hier verflechten sich stellenweise die Fäden zu einem dichten, in seiner Zusammensetzung schwer erkennbaren Filze (Stroma) unter der Epidermis. Auf senkrechten Aestchen dieses Pilzlagers erheben sich die Sporen, die, je nach dem Entwicklungsstadium des Pilzes, in verschiedener Form und Lagerung auftreten. Die einzelnen Sporenformen folgen, soweit bis jetzt bekannt, in regelmäßiger Reihenfolge auf einander und sind dabei meist so wesentlich verschieden, daß sie bis in die neueste Zeit für ganz getrennte Arten gehalten worden sind. Dieses Auftreten eines Pilzes in gesetzmäßig nach einander sich entwickelnden Formen (Generationswechsel) wird dadurch noch merkwürdiger, daß einzelne Entwicklungsphasen des Pilzes auf anderen Nährpflanzen erscheinen, als die vorhergehenden bewohnt haben. So finden wir auch Rostarten, die bald ihren ganzen Formencyclus auf derselben Nährpflanze durchlaufen (autöcische) und solche, die verschiedene Wirthe zur Entwicklung ihrer sämmtlichen Sporenformen bedürfen (heteröcische Roste). Zu diesen letzteren gehören:

I. 1. Die Getreideroste (Puccinia graminis Pers., Pucc. straminis dBy. und Pucc. coronata Corda) (Tafel VIII.),

welche durch drei verschiedene Arten hervorgebracht werden. Dieselben unterscheiden sich von einander theils durch die Gestalt der einzelnen Sporen, theils durch die Lagerung derselben oder auch durch die Nährpflanzen, welche die analogen Entwicklungsformen zu ihrer Ausbildung nöthig haben. Die beiden gewöhnlichsten

Arten des Getreiderostes sind Puccinia graminis Pers. und Pucc. straminis dBy., welche auf Weizen, Hafer, Roggen und Gerste vorkommen. Am seltensten findet man die vorzugsweise auf dem Hafer beobachtete dritte Art, Puccinia coronata Corda. Alle drei Arten zeigen denselben Entwicklungsgang.

Sie bilden zuerst die auf den jungen Blättern der Getreidepflanze auftretenden gelb bis braun verfärbten Flecken (Fig. 1), aus denen später eine goldgelbe staubige Pustel hervorbricht. Ein Durchschnitt durch solche Pustel läßt erkennen, daß dieselbe von kugeligen oder elliptischen goldgelben Zellen (Fig. 2 u, 5 u) erfüllt ist, welche auf dünnen, wasserhellen Aestchen (Sterigmen) (Fig. 2 st) des zu einem dichten Stroma zusammengetretenen Mycels stehen.

Die von ihren Sterigmen leicht abfallenden Kügelchen mit ihrem Inhalte aus körnigem Protoplasma mit gelben oder gelbrothen Tröpfchen, sind Knospen, die meist den Namen Stylosporen führen. Diese Stylosporenform der Rostpilze hatte früher, als sie noch als selbstständige Pilzgattung aufgefaßt wurde, den Namen Uredo erhalten und deßhalb wird diese erste Sporenform der Rostpilze die Uredoform genannt. Die Sporen der erst spät im Frühjahre oder Anfang des Sommers erscheinenden Uredoform von Puccinia graminis (die frühere Uredo linearis Pers.) sind lang oval bis elliptisch (Fig. 2 u); dagegen sind die gleich im zeitigen Frühjahre anzutreffenden von Pucc. straminis, welche die frühere Art Uredo Rubigo vera DC. darstellen, kugelig.

Die leicht vom Winde fortbewegten Uredosporen dienen dem Pilze zur schnellen Vermehrung in der warmen Jahreszeit, bilden somit seine „Sommersporen", welche schon drei Stunden nach ihrer Reife keimend gefunden worden sind. Der zarte Keimschlauch, welcher an verdünnten Stellen des Endospors (Keimporen), um welche das Epispor[1]) etwas angeschwollen, hindurchbricht, dringt durch eine Spaltöffnung in das gesunde Gewebe ein, verzweigt sich innerhalb desselben zu einem reichen Mycel, das alsbald wieder zum Stroma sich verfilzt und in 6—10 Tagen neue Uredosporen erzeugt. Bei der schnellen Vermehrung dieser Sporenform ist es erklärlich, daß von wenigen Pflanzen selbst ein ganzes Feld in kurzer Zeit angesteckt werden kann und daß nur günstige Entwicklungsbedingungen für den Pilz nöthig sind, um das epidemische Auftreten des Rostes vom ersten Frühjahre an hervorzurufen. Aber es bedarf selbst nicht immer einer direkten Infektion im Frühjahre zum Auftreten einer Rost-Epidemie, da auch die Herbstinfektion des Wintergetreides vollkommen ausreicht. Das Mycel des Rostes (wenigstens das von Pucc. straminis)[2]) überwintert schadlos im Parenchym der Getreideblätter.

---

1) Bei den Uredosporen der verschiedenen Arten ist das Epispor in sehr verschiedenem Grade angeschwollen.

2) de Bary (Akad. der Wiss. Monatsber. 1866. S. 213. Sitzung vom 19. April) giebt an, daß Pucc. graminis in ihrem grasbewohnenden Mycel den Winter nicht lebend überdauert. Bei Pucc. coronata ist es nicht festgestellt.

In der Regel an derselben Stelle, wo die Sommersporen sich zeigen, entstehen später im Jahre auch die fester gebaueten, den Winter überdauernden Sporen, die Teleutosporen. Dieselben sind zweizellige (die Uredosporen waren einzellig) dickwandige braune Gebilde auf meist hellen Stielchen, welche stets mit der Spore verbunden bleiben, und früher, so lange sie als abgeschlossene Gattung betrachtet wurden, speziell den Namen Puccinia führten. Jetzt wird der frühere Name der Winterspore auf alle sich daraus entwickelnden Fruchtformen übertragen. Bei **Puccinia graminis** sind diese Wintersporen, welche in langen unbedeckten Häufchen zu Tage treten, länglich, in der Mitte eingeschnürt, am Scheitel verdickt und oft zugespitzt, ihr Stiel ist etwa so lang als die Spore selbst (Figg. 2 t, 5 t). Bei **Puccinia straminis** finden sich die am Scheitel häufiger abgeflachten, sehr kurz gestielten Teleutosporen in kleineren Häufchen, welche dauernd von der unverletzten oder kaum zerrissenen Oberhaut des Pflanzentheiles bedeckt bleiben. Während bei **Pucc. graminis** in denselben länglichen Häufchen beide Arten von Sporenformen zu finden sind, zeigt **P. stram.** in der Regel isolirte rundliche Häufchen, die entweder nur Sommer- oder nur Wintersporen enthalten. Die **Pucc. coronata** hat keulenförmige sitzende, am Scheitel abgeflachte und mit dunkleren, zackigen Fortsätzen an der Spitze versehene Teleutosporen (Fig. 3), deren längliche Häufchen im reifen Zustande von der endlich zerrissenen Oberhaut des Pflanzentheiles nur lose bedeckt erscheinen.

Sämmtliche Teleutosporen bedürfen einer Ruhezeit, bevor sie keimen können. Ist diese, der Winter, vorüber, so entwickeln sie bald einen kurzen, dicken, ungefärbten, in wenige kurze Sterigmen (Fig. 4 st) auslaufenden septirten Keimschlauch (Fig. 4 pr), ein Promycelium, dessen Spitzenwachsthum bald still steht, dessen Aestchen aber an ihrer Spitze je ein ovales oder nierenförmiges Zellchen, eine Sporidie (Fig. 4 sp) entwickeln.

Die Sporidien fallen sehr leicht ab und keimen mit einem feinen Keimschlauche aus. Von der Unterlage nun, auf welche die Sporidien gelangt sind, hängt es jetzt ab, ob ihr Keimschlauch zu einem neuen Mycel sich entwickelt. Die ausgekeimte Sporidie entwickelt sich nämlich auf Grasblättern nicht weiter, sondern bedarf nun je nach ihrer Art eine ganz bestimmte Nährpflanze aus einer anderen Pflanzenfamilie. So verlangt die **Pucc. graminis** für ihre Sporidien das Blatt der Berberitze (**Berberis vulgaris L.**), die **Pucc. straminis** erfordert Pflanzen aus der Familie der Asperifoliaceen, wie z. B. die Ochsenzunge (**Anchusa officinalis L.**), die Schwarzwurzel (**Symphytum officinale L.**), das Lungenkraut (**Pulmonaria officinalis L.**) 2c. **Pucc. coronata** bedarf der Blätter des Kreuzdornes (**Rhamnus cathartica L.**) und des Faulbaumes (**Rh. Frangula L.** und **Rh. alpina**) zu ihrer ferneren Ausbildung. Ist solche passende Unterlage vorhanden, dann bohrt sich der aus den Sporidien kommende pfriemenförmige Keimschlauch durch die Wandungen der Epidermiszellen, um in das Innere zu gelangen und

sich zum Mycel auszubilden, welches etwa innerhalb 14 Tage ganz neue Fruchtformen erzeugt, die lange Zeit als selbstständige Gattung aufgefaßt und mit dem Namen Aecidium belegt worden sind (Fig. 6).

Die künstlichen Impfversuche, welche wir de Bary verdanken, zeigen nämlich aus dem bald nachweisbaren Mycel im Inneren des Blattes nahe der Oberseite dichte, aus feinen Pilzfäden gebildete, etwa kegelförmige Behälter (Fig. 7 sp), welche als gelbe Pusteln bei ihrer Vergrößerung auf der Blattoberseite die Epidermis durchbrechen. Die Mündung der kegelförmigen Pilzbehälter ist mit kurzen, dünnen Fäden besetzt. Von der inneren Wandung des Behälters entspringen sehr zahlreiche, dicht gedrängte, nach der Mitte convergirende, pfriemliche Zweige, an deren Spitze sehr feine, stäbchenförmige Zellen abgeschnürt werden. Es sind die in ihrer Bedeutung für die Pilzentwicklung noch unbekannten Spermogonien mit ihren Spermatien.

Einige Tage später treten in der Nähe der Spermogonien auch die als vollkommenste Entwicklungsform angesehenen Aecidiumformen (Fig. 7 a) auf. Dieselben stellen tief in das Gewebe des Blattes eingesenkte, mit einer eigenen, aus abortirten Sporen gebildeten Hülle (Fig. 7 h) versehene, kugelige große Kapseln dar, die sich becherförmig nach der Blattunterseite hin öffnen, indem sie ihre eigene Hülle, die Peridie (Fig. 7 h) und die sie bedeckende Epidermis (Fig. 7 e) des Blattes zersprengen und ihren Inhalt als ein reiches goldgelbes Pulver von Sporen an die Oberfläche treten lassen (Fig. 6 a, 7 a). Die derbwandigen runden oder (durch gegenseitigen Druck) etwas eckigen Sporen des Aecidium-Becherchens bilden zahlreiche rosenkranzförmige Reihen (Fig. 7 r) auf mattgefärbten Stielchen (Basidien) (Fig. 7 b), welche als Aeste des zu einem dichten Stroma (Fig. 7 st) zusammengetretenen Mycels zu betrachten sind.

So haben wir denn das letzte Entwicklungsstadium der Rostpilze kennen gelernt, das allerdings mit dem Getreideroste in keiner Beziehung zu stehen scheint. Es ist die Becherfrucht, welche auf der Berberitze als Berberitzen-Rost, Aecidium Berberidis (Fig. 6 a) bekannt ist. In Gestalt und Entwicklung entspricht demselben eine Becherform auf den Asperifoliaceen, das Aecidium Asperifolii und eine dritte Art auf dem Kreuzdorn, Aecidium Rhamni (Aec. elongatum Lk.). Den Zusammenhang zwischen diesen Becherfrüchten und den Formen des Pilzes auf den Getreidearten hat de Bary, wie bereits erwähnt, zuerst nachgewiesen. Derselbe fand, daß die Sporen des Aec. Berberidis, auf Getreideblätter ausgesäet, alsbald einen häufig verzweigten Keimschlauch bilden, der in die Spaltöffnungen des Blattes eindringt und sich zum Mycel ausbildet, welches 14 Tage nach der Aussaat neue Uredosporen, also die erste Form des Getreiderostes und zwar der Puccinia graminis entwickelt[1]). Durch diese Entdeckung ist gleichzeitig die von

1) Annal. der Landwirthschaft in den Königl. Preuß. Staaten. Jahrg. 1865. Monatsheft II und III.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.

W. A. Meyn lith.

den Landwirthen immer wiederholte und trotz aller Verneinung von wissenschaftlicher Seite aufrecht erhaltene Behauptung bestätigt worden, daß die Berberitzensträucher in der Nähe der Getreidefelder den Rost zu erzeugen im Stande sind.

Analog diesem Generationswechsel von **Puccinia graminis** ist später ebenfalls von de Bary[1]) der Zusammenhang von **Pucc. straminis** mit **Aecid. Asperifolii**, sowie der zwischen **Pucc. coronata** und **Aecid. Rhamni** festgestellt worden. Die Keimschläuche der **Pucc. straminis** drangen durch die Oberhaut der Samenblätter unserer wilden **Lycopsis** hindurch und es zeigten sich in Folge dessen nach 17 Tagen in der Nähe der geimpften Stellen die Spermogonien und etwas später die Aecidiumbecherchen, von denen Sporen, nun auf junge Grasblätter geimpft, nach acht bis zehn Tagen den Rost in der Form von **Uredo** und zwanzig Tage nach der Impfung schon in der Form von **Puccinia** erzeugten.

Der Nachweis der Zusammengehörigkeit derartig verschiedener Pilzformen hat nicht nur seine ungemeine Bedeutung für die Wissenschaft, sondern auch seine große praktische Wichtigkeit. Jetzt, nachdem wir gesehen, daß wir den Feind gar nicht allein auf dem Getreide und vielen anderen Wiesengräsern, sondern auch auf Sträuchern und krautartigen, wildwachsenden, überall vorkommenden Pflanzen zu suchen haben, wird es klar werden, daß an ein Vernichten des Pilzes nicht zu denken ist, sondern daß der einzige Ausweg darin besteht, einen möglichst wenig günstigen Mutterboden für die Rostpilze zu schaffen, indem wir zunächst diejenigen Varietäten aufsuchen, welche erfahrungsgemäß vom Roste weniger leiden. Wenn wir ferner durch eine, den Bodenverhältnissen genau angepaßte Kultur versuchen, recht normale, kräftige, aber nicht üppige Pflanzen zu erziehen, so befähigen wir dieselben, äußeren schädlichen Einflüssen um so kräftigeren Widerstand zu leisten. Es kommt ferner noch ein Punkt hinzu, der volle Beachtung verdient und der neuerdings von dem Domänenpächter Zimmermann[2]) zur Erklärung der Erscheinung benutzt worden ist, daß Roggen in seiner Gegend so stark vom Roste zu leiden hat. Es ist die längere Vegetationszeit einer Getreideart. In der That läßt sich einsehen, daß diejenigen Pflanzen, welche langsam ihre Blätter entwickeln und reifen, weit länger dem Rostpilze passende Angriffspunkte liefern, als solche, deren Blattkörper in schneller Aufeinanderfolge entwickelt wird und nach 6—8 Wochen bereits abreift. Darum dürften die Winterhalmfrüchte, wie beobachtet worden, mehr leiden, als das Sommergetreide.

An diesen Punkt schließt sich die nicht minder wichtige, allgemein wahrnehmbare Beobachtung, daß bestimmte Arten und Varietäten von der Krankheit weniger zu

---

1) Monatsber. d. Akad. der Wissenschaft. zu Berlin 1866. 19. April. — Außerdem vgl. ebend. 1864 und 1865.

2) Landwirthschaftl. Zeit. für Westfalen und Lippe 1869. Nr. 42.

leiden haben. So zeigt die bisherige Erfahrung, daß der polnische Weizen (Triticum polonicum L.), der Spelt (Tr. Spelta L.) und der englische Weizen (Trit. turgidum L.) im Allgemeinen weniger vom Roste befallen sind. Nach Versuchen von Paul Pietrusky[1]) wären folgende Spielarten die widerstandsfähigsten:

1) Von weißen Kolbenweizensorten sind der bengalische W. u. Eley's Riesen-Weizen zu nennen.

2) Von rothen und bunten Kolbenweizen: Camfsane price, Champion-Weizen, Richmond's Riesen-Weizen, rother sechsreihiger Kolbenweizen und Prince Albert.

3) Von Grannen-Weizen: neuer Castilischer- und Binkel-Weizen.

4) Von hartsamigen Bartweizen: Igel- und brauner sammetartiger Weizen.

5) Von englischen Weizen: der Riesen-Weizen von St. Helena, der rothe sammetartige und der Tuneser-Weizen.

6) Es schließt sich hieran der rothe Emmer oder Einkorn.

7) Von Spelz-Weizen: Vögel's Dinkel.

Bei diesen Versuchen, die, wie alle Feldversuche, für andere Gegenden nur den Werth haben, daß sie die Auswahl der zuerst durch den Anbau zu prüfenden Varietäten durch Empfehlung der anderswo bewährten erleichtern, hatten weder die Kultur, noch Vorfrüchte, Düngung oder Bodenbeschaffenheit einen erkennbaren Einfluß ausgeübt, so daß anzunehmen ist, daß die Varietät allein bei der Ernte zum Ausdruck gelangte.

Nicht selten erkennt man aber einen Einfluß der Kultur. So gewahrt man in größeren Roggenschlägen, die ganz kurze Zeit nach einander bestellt worden, einzelne Feldstücke ganz besonders vom Rost befallen, obgleich hier Saatgut, Art der Bestellung und Witterung dieselben gewesen. In einem neuerdings beobachteten Falle erfuhr ich, daß die mitten in weniger rostigen Feldern liegenden Schläge, welche sehr stark von Pucc. gram. befallen waren, durch frische Mistdüngung zu einer bedeutenden Ueppigkeit gebracht worden waren. Wenn sich die Schmarotzer im Allgemeinen, wie dies aus der häufigen Vorliebe derselben für junge Organe und Blüthenanlagen hervorgeht, einen verhältnißmäßig stickstoffreichen Boden aussuchen, so findet auch das Befallen stark mit Mist gedüngter Aecker seine Erklärung. Solche Pflanzen enthalten neben vielen Alkalien auch ein bedeutendes Plus an Proteïnsubstanzen im Verhältniß zu gleichalterigen, nicht frisch gedüngten Pflanzen. Auch anderweitige Alterationen der Nährpflanze werden geeignet sein, einen günstigen Nährboden für den Pilz herzustellen. So zeigte mir Geheimrath Settegast auf dem Versuchsfelde in Proskau eine Parzelle mit weißem amerikanischen Weizen, der zwischen anderen weniger rostigen Weizenvarietäten stehend, sich durch auffallend starke Erkrankung auszeichnete. Dieser Weizen litt auch stark an Steinbrand. Das Auffallende nun war, daß bei denjenigen Aehren, welche vom

1) Land- u. forstwirthschaftl. Zeit. d. Prov. Preußen 1869. Nr. 40.

Steinbrande litten, sich der Rost in ungemeiner Ueppigkeit auf den Spelzen entwickelt hatte, während er bei den nichtbrandigen Halmen auf die Blätter beschränkt geblieben.

So wenig es bis jetzt gelungen, den Zustand der Nährpflanze zu präcisiren, der dieselbe besonders empfänglich für die Rostpilze macht, ebenso wenig liegt bis jetzt die Möglichkeit vor, zu erklären, wodurch ein mehrfach von der Praxis beobachteter plötzlicher Stillstand in der Pilzvegetation bei bestimmten Sorten eintritt. Ein Beispiel hierfür verdanke ich ebenfalls dem obigen scharfen Beobachter. Unter den Varietäten des Versuchsfeldes befand sich eine größere Parzelle mit flandrischem Weizen (einem Sammetweizen), der in der ersten Zeit seiner Entwicklung derartig vom Roste befallen war, daß man ein Fehlschlagen der Ernte vermuthete. Nach einem sehr starken Gewitterregen erholten sich die Pflanzen aber in einer Weise, daß die Ernte eine vollkommen gute zu werden versprach. Die Untersuchung zeigt, daß zwar auch in den obersten Blättern noch Mycel vorhanden, daß aber nur ganz vereinzelt Stylosporenhaufen aufgetreten waren und die Aehren vollkommen gesund und kräftig sich entwickelten. Die unteren Blätter, welche früher theilweis gelbstaubig von den zahllosen Uredosporen aussahen, waren abgetrocknet, die oberen waren kräftig grün und nur leicht gelb gefleckt, mit Ausnahme der vertrocknenden, stärker infizirt gewesenen Spitzen. Solche Erscheinungen sollen häufig auftreten und die Praxis sagt dann, der Regen habe den Rost abgewaschen. Wahrscheinlich ist durch eine plötzliche Steigerung der Wachsthumsenergie der Pflanze der Pilzentwicklung der bisher sehr günstige Mutterboden entzogen worden.

Die obige Angabe betreffs des Helena-Weizens findet eine Bestätigung, aber auch zugleich eine Einschränkung in anderer Beziehung durch Settegast[1]), dessen langjährige Erfahrungen hierbei von besonderem Gewichte sind. Derselbe spricht zunächst vom englischen Weizen (Triticum turgidum) im Allgemeinen. Dieser Weizen besitzt in mancher Beziehung große Vorzüge; er ist dem Lagern und dem Roste weniger unterworfen als Tr. vulgare und die meisten der so schönen Sorten des Kolbenweizens. Auch ist sein Ertrag auf einem reichen Thonboden oft überraschend groß. Dagegen zählt zu seinen Schattenseiten, daß er leicht „glasig" wird (hornartig durchschimmernd) und in Folge dessen, wie aus Mangel an „Milde" kein schönes weißes Mehl liefert. Die Bäcker und Müller wollen daher nichts von ihm wissen; besser eignet er sich zum Exporte, weil er ein schweres Gewicht hat. Unter den verschiedenen Lokalvarietäten des Tr. turgidum wird am häufigsten der sog. Helena-Weizen erwähnt, mit rohrartigem Halme, dem Lagern und dem R o s t e am m e i s t e n t r o t z e n d. Wo die letztere Krankheit fast der beständige Begleiter der Weizenkultur ist, da bleibt Tr. turgidum immerhin sehr empfehlenswerth; obgleich zu seinen Schattenseiten auch noch die gehört, einem harten, trockenen Winter ohne Schneedecke nicht genügenden Widerstand zu leisten.

1) Zeitschr. für Ethnologie von Bastian und Hartmann 1871. Heft II. S. 95.

Aehnlich, wie Settegast, spricht sich Weidenhammer[1]) in der Deutschen landwirthschaftlichen Zeitung aus. Die Vorzüge dieses Weizens bestehen in relativ höheren Massenerträgen, in kräftiger Halmbildung und daher geringerer Neigung zum Lagern, sowie in einer geringeren Disposition zum sogenannten Befallen. Die Nachtheile sind das häufig bemerkte leichtere Auswintern, der hohe Wassergehalt des Korns, das sich schlecht mahlen läßt. Das Mehl klebt an den Steinen fest, wird schmierig, leicht warm und bekommt häufig schon während des Mahlens einen Stich; es läßt sich schlecht verbacken und liefert sehr leicht eine schliefige Waare. Endlich aber ist seine Aufbewahrung eine sehr schwierige. Diese Nachtheile lassen den Anbau des englischen Weizens in Deutschland immer mehr abnehmen.

Daß wir selbst bei bester Kultur und vorsichtiger Auswahl passender Varietäten den Rost nur nach Kräften beschränken und nicht gänzlich verhüten können, darf nicht befremden, wenn wir bedenken, daß die Witterung, die durch großen Feuchtigkeitsgehalt ein wesentliches Beförderungsmittel für die Pilzverbreitung abgiebt, nicht von uns regulirt werden kann und daß zweitens die Leichtigkeit der Infektion unserer Getreidefelder von dem Bestande der benachbarten Felder und Wiesen abhängt, welche so viele Nährpflanzen für die verschiedenen Fruktifikationsformen der Puccinia enthalten. Abgesehen von den oben erwähnten Wirthspflanzen für die betreffenden Aecidiumformen, haben wir auch eine große Anzahl wilder Gräser, die manchmal reichlicher vom Roste zu leiden haben, als unsere kultivirten Cerealien. Die Pucc. graminis z. B. entwickelt ihre Sommer- und Wintersporen außer auf sämmtlichen Getreidearten auch noch auf Straußgras (Agrostis vulgaris With., Agrostis alba L.), Schmele (Aira caespitosa L.), Knauelgras (Dactylis glomerata L.), Quecke (Triticum repens L.), Ruchgras Anthoxanthum odoratum L.), Fuchsschwanz (Alopecurus fulvus L.), Raygras (Lolium perenne L.). Die Pucc. stram. erscheint an Trespe (Bromus tectorum L.), Mäusegerste (Hordeum murinum L.). Die seltenere Pucc. coronata, welche von den Cerealien speziell dem Hafer anzugehören scheint, ist auch auf Alopecurus pratensis L., dem Wiesenfuchsschwanze, auf dem Landrohre (Calamagrostis Epigeios L.), dem Honiggrase (Holcus lanatus L.), dem hohen Schwingel (Festuca elatior L.), der weichen Trespe (Bromus mollis L.) und dem Raygrase beobachtet worden.

Nicht alle der ungemein zahlreichen Roste aus der Gattung Puccinia besitzen eine so große Auswahl von Nährpflanzen. Einzelne der in dieser Beziehung genauer untersuchten scheinen an ein einziges Pflanzengeschlecht, ja vielleicht an eine Art gebunden zu sein, wie z. B. der autöcische, also seinen ganzen Entwicklungscyclus auf derselben Nährpflanze vollendende

---

1) Fühling's Neue landw. Zeit. 1871. S. 678.

2. Sonnenrosenrost, Puccinia Helianthi Schweinitz.

Dieser auch bei uns vorkommende Rost hat in den letzten Jahren die in Südrußland der Oelgewinnung wegen im Großen gebauete Sonnenrose (Helianthus annuus L.) derartig zerstört, daß man bereits gezwungen ist, stellenweise den Anbau gänzlich aufzugeben. Nach den Aussaatversuchen zu schließen, welche Woronin[1]) sowohl mit den Uredo- als auch den Teleutosporen und den Sporen des Aecidiumbecherchens dieses Pilzes unternommen, läßt sich diese Puccinie auf keine der in der Nachbarschaft kranker Sonnenrosen häufigen Körbchenträgerpflanzen (Compositen) übertragen. Und doch waren diese Pflanzen, namentlich viele Distelarten, ebenfalls rostkrank. Auch der umgekehrte Versuch, die verschiedenen Sporenformen der rostkranken andern Compositen auf die Sonnenrose zu impfen, mißlang. Ebenso wenig entwickelten sich die Sporen des Sonnenrosenrostes auf den vielen, so nahe verwandten Topinamburpflanzen (Helianthus tuberosus L.). Es scheint somit, daß dieser Rostpilz allein auf die Sonnenrose angewiesen ist, von der auch wiederum nicht alle Varietäten gleich stark erkranken. Woronin citirt in dieser Beziehung eine Beobachtung von de Bary[2]), daß eine Varietät oder vielleicht ein Kreuzungsprodukt von Helianthus annuus und argyrophyllus im Halle'schen Bot. Garten augenscheinlich eine größere Prädisposition zum Erkranken, zum Angestecktwerden durch den Parasiten, als die anderen zeigte. Einen Anhaltspunkt, betreffs der Mittel, welche gegen den Parasiten anzuwenden sein dürften, giebt die Beobachtung, daß die Teleutosporen, welche wohl als die langlebigsten Formen der Rostpilze anzusehen sind, kaum länger als ein Jahr ihre Keimkraft behalten. Während im Herbste gesammelte Teleutosporen im nächsten Frühjahre (im Zimmer im Februar) schon am folgenden Tage, bisweilen schon nach 12 Stunden gekeimt waren, bedurften sie, bis Juli aufbewahrt, schon 4 Tage bis zu ihrer Keimung und im zweiten Frühjahre nach der Ernte keimten sie gar nicht mehr.

Da man es hier mit einem, wie es scheint, der Sonnenrose spezifischen Schmarotzer zu thun hat, so läßt sich der Pilz momentan aus einer Gegend entfernen, wenn der Anbau der Sonnenrose für 1 bis 2 Jahre aufgegeben wird.

Wir würden kaum so lange bei dieser Krankheit verweilt haben, welche den deutschen Kulturen ferner liegt, wenn wir in derselben nicht ein Beispiel sähen für den Fall, daß eine Kulturpflanze nach 30—40jährigem ungestörten Anbaue plötzlich von einer Pilzepidemie ergriffen werden kann. Unserer Vermuthung nach können auch bei uns plötzlich ganz andere Rostarten, von denen wir allein von der Gat-

---

1) Bericht über die Verhandl. d. bot. Section der zweiten russischen Naturf.-Vers., cit. Bot. Zeit. 1869. Nr. 46. S. 782 u. „Untersuchungen über die Entwicklung des Rostpilzes (Puccinia Helianthi), welcher die Krankheit der Sonnenblumen verursacht." Bot. Zeit. 1872. Nr. 38, 39.

2) A. a. O. d. Bot. Zeit. 1872. S. 697.

tung Puccinia 80—100 Arten haben, an bisher intakten Kulturpflanzen epidemisch auftreten, wenn einmal für irgend einen Rost außergewöhnlich günstige Vegetationsverhältnisse mit ungünstiger Entwicklung der Nährpflanzen zusammenfallen. Das plötzliche Auftreten und ebenso das plötzliche Verschwinden von Pilzepidemien möchte sich durch die Annahme erklären, daß bei den Schmarotzern, wie bei unseren Kulturpflanzen in jeder Vegetationsperiode ein Zeitpunkt größter Neubildungsthätigkeit herrscht, welcher um so schneller vorübergeht, je kurzlebiger die Pflanze ist. Bei dem, seinen Vegetationscyclus oft äußerst schnell durchlaufenden Pilzindividuum wird der Zeitpunkt größter Neigung zur Vermehrung ein sehr kurz bemessener sein. Trifft in dieser kurzen Spanne Zeit eine der Pilzvegetation ausnahmsweise günstige Witterung mit einem zur Pilzempfängniß günstigen Entwicklungszustande der Nährpflanze zusammen, dann wird derselbe Pilz, der ja in allen Jahren vorhanden, aber bei normalen Verhältnissen in beschränkter Verbreitung sich zeigt, plötzlich epidemisch auftreten können. Wahrscheinlich sind es gerade die den Winter überdauernden Formen der Pilze, deren begünstigte oder verhinderte Weiterentwicklung im Frühjahre maßgebend wird für ein epidemisches oder sporadisch bleibendes Erkranken der Pflanzen. Dies dürfte für Brand, Rost, Mutterkorn u. s. w. gelten.

Von den Rostformen aus der Gattung **Puccinia** ist hier ferner noch erwähnenswerth:

3. Der Spargelrost, Puccinia Asparagi DC.

Die Krankheit[1]) beginnt dadurch eine erhöhete Bedeutung zu erlangen, daß man sich der Spargelkultur im Großen zuzuwenden und für den Export zu bauen beginnt.

Der Pilz gehört zu den autöcischen Puccinien, entwickelt somit seine sämmtlichen Formen auf der Spargelpflanze, und es gelingt unschwer, im Juli neben den Uredo- und Teleutosporen auch die aus den Sporidien der letzteren hervorgegangenen Spermogonien und Becherfrüchte zu beobachten. Im Herbst, wo die Bildung der Uredoform aufgehört hat und die Lager nur noch Wintersporen entwickeln, ist auch die Zeit, mit dem Ankämpfen gegen die Krankheit vorzugehen. Da man weiß, daß sich bei günstiger Witterung im Frühjahre um so mehr Aecidiumfrüchte entwickeln, je mehr Teleutosporen über Winter auf dem Felde geblieben sind, so wird man im Herbste mit Sorgfalt das kranke, durch seine braunschwarzfleckige Oberfläche leicht kenntliche Spargelstroh sammeln und entfernen müssen. Die beste Verwendung des kranken Spargelstrohes ist die zur Feuerung, da man nur dann mit Sicherheit auf Vernichtung der Teleutosporen rechnen kann. Viel

1) Wochenschrift des Vereins z. Beförderung d. Gartenb. in den Kgl. Preuß. Staaten. 1872. Nr. 34.

schwieriger und gründlich kaum durchführbar wird das Abschneiden derjenigen grünen Stengel im Frühjahre sein, welche durch ihre orangegelbe Punktirung ihr Behaftetsein mit der Aecidienform des Schmarotzers anzeigen.

Außer den obigen finden wir auf Kulturpflanzen noch: Puccinia Prunorum Lk., auf den Blättern der Schlehe und Hauspflaume, von der Fuckel eine kleinere Art als Pucc. discolor unterschieden hat; Pucc. Spergulae DC. auf den Blättern des Ackerspörgels (Spergula arvensis L.); Pucc. Apii Fuck. auf den Blättern des Sellerie (Apium graveolens L.). Auf vielen anderen Doldenpflanzen schmarotzt Pucc. Umbelliferarum DC., welche durch die Verschiedenheit der Aecidiumbecherchen auf den einzelnen Nährpflanzen in eine größere Anzahl verschiedener Spezies zerlegt worden ist. Pucc. Asperulae Fuck. auf den Blättern des Waldmeisters (Asperula odorata L.); Pucc. mixta Fuck. auf den Blättern des Schnittlauchs (Allium Schoenoprasum L.); Pucc. Discoidearum Lk. auf den Blättern des Wermuths (Artemisia Absinthium L.), des Estragon (Artemisia Dracunculus L.); Pucc. Violae DC. auf wilden und kultivirten Veilchen; Pucc. Allii Rud. auf der Winterzwiebel (Allium fistulosum L.).

Von vielen Puccinien, die auf Wiesenpflanzen vorkommen, aber auch von einigen der hier angeführten sind bis jetzt nur einige Sporenformen bekannt und zwar sind bei manchen nur die Teleutosporen aufgefunden worden. Letztere genügen aber, um den Gattungscharakter festzustellen, welcher für Puccinia darin besonders besteht, daß die Wintersporen zweizellig sind. Andere Rostformen haben dreizellige Teleutosporen; diese bilden die Gattung Triphragmium Lk. Die Zeichnung Fig. 8 zeigt eine solche Spore mit zwei Promycelien. Einige Roste besitzen Wintersporen, welche sogar aus 4—11 reihenweis über einander gestellten, zu höchst zierlichen Gesammtformen verbundenen Zellen zusammengesetzt sind. Sie stellen die Gattung Phragmidium dar, welche den Rost auf Rosen und Brombeerstauden hervorruft (Fig. 9). Im Gegensatz zu solchen zusammengesetzten Bildungen finden wir Teleutosporen, die nur aus einer Zelle bestehen; diese sind der Gattung Uromyces (Fig. 10) eigenthümlich, welche einen größeren Kreis von Nährpflanzen umfaßt und durch ihr bisweilen epidemisches Auftreten wiederum eine etwas eingehendere Besprechung verlangt.

Epidemisch findet sich in manchen Jahrgängen in den Gegenden, wo viel Rüben gebaut werden,

II. Der Rost der Runkelrübenblätter, Uromyces Betae Tul.[1]).

Die Erscheinung rostkranker Rübenblätter ist dem Praktiker längst bekannt. Die Blätter der Zuckerrüben sowohl, als der Futterrunkeln zeigen sich oberseits und unterseits von kleinen, braunen Staubhäufchen im Herbste dicht besetzt. Diese Häufchen bestehen aus zahlreichen runden Sporen, deren Außenhaut einzelne hellere Stellen zeigt; aus einer der helleren Stellen bricht bei der Keimung der Sporen

1) Uredo Betae Pers.

in Wasser ein Keimschlauch hervor, der sich etwas unterhalb seiner Spitze mit braungelben Körnchen erfüllt zeigt und der, auf ein Rübenblatt gebracht, die Oberhaut desselben durchbricht, um unter vielfachen Verästelungen sich zum Mycel auszubilden. Das Mycel windet sich nun in den Intercellulargängen zwischen den einzelnen Zellen des Blattgewebes weiter, wobei es allmählig blasig aufschwellende Saugorgane in das Innere der Zellen selbst hineinsendet und auf diese Weise eine reichliche Nahrung erhält. Das Erscheinen solcher Haustorien bei den Rostpilzen ist mehrfach beobachtet worden.

Hier und da treten nun unter der Oberhaut die Mycelfäden zu dichteren Massen zusammen; auf den senkrecht aufwärts stehenden, zahlreichen Verzweigungen solcher Fäden entstehen kugelige Sporen, welche allmählig die Oberhaut des Blattes pustelförmig in die Höhe heben und endlich sprengen: ein neues Rosthäufchen ist entstanden. Je näher der Herbst rückt, desto mehr entstehen in diesen Häufchen neben den erstgebildeten helleren Sporen, der Uredoform des Rostpilzes, auch noch andere Sporen von ovaler oder kugelig-eiförmiger Gestalt, brauner Farbe und dicker Wandung; es sind die Winter- oder Teleutosporen. Wenn dieselben reif sind, lösen sie sich sammt ihren dicken Stielchen von der Unterlage ab. An der dem Stielansatze entgegengesetzten, durch eine kleine Erhöhung angedeuteten Spitze wird bei der Keimung der Spore die dicke Außenhaut derselben durchbrochen und es tritt hier der helle, im Längswachsthume bald stillstehende Keimschlauch (Promycelium) hervor, dessen kurze Aestchen wieder je eine Knospe (Sporidie) an ihrer Spitze erzeugen.

Auch diese Sporidien keimen unter günstigen Umständen. Die Bildung und Keimung derselben erfolgt aber erst im Frühjahre, nachdem die derbwandige, einzellige Teleutospore ihre Winterruhe beendet hat. Das Produkt der Sporidien und ihres in die Pflanze eindringenden Mycels ist die vollkommenste Entwicklungsform des Pilzes, das Aecidium-Becherchen[1]) mit seinen Vorläufern, den Spermatien enthaltenden Spermogonienpusteln. Sie bilden im Frühjahre am Stiele längliche, an der Blattfläche rundliche Häufchen, bei denen die ursprünglich deckende Epidermis der Rübenpflanze endlich gesprengt wird und nun ein eingesenktes, mit weißer Hülle versehenes Becherchen voll zahlreicher, kettenförmig gestellter, gelber Sporen zu Tage treten läßt. Diese dritte Form endlich beendet den Generationswechsel des Uromyces auf den Rüben.

Aus den bei der Reife verstäubenden rundlich-eckigen Sporen des Becherchens, das als selbstständige Art Aecidium Betae hieß, treten Keimschläuche hervor, welche durch die Spaltöffnungen des Rübenblattes in das Innere eindringen, ebenfalls durch ihre Haustorien die Zellen anbohren, während die Mycelfäden zwischen den Zellen sich hindurchwinden und endlich die erstbeschriebenen Sporenhäufchen mit Sommersporen (Uredo Betae) erzeugen.

---

1) Kühn: Zeitschr. d. landw. Centralver. d. Prov. Sachsen 1869. Nr. 2.

Uromyces Betae, der übrigens kaum von dem auf dem Sauerampfer vegetirenden **Urom. Rumicum DC.** unterschieden werden kann, ist bis jetzt nur auf den Runkelrüben beobachtet worden. Dieses Faktum ist beachtenswerth, weil dem Ankämpfen gegen die Krankheit der Erfolg ziemlich gesichert ist; denn, wenn wir bedenken, daß die eigentliche Rostform (Aecidiumform) sich nur von den Samenrüben aus verbreitet, so wird ein genaues Abblatten der gelbpunktirt erscheinenden Blätter an den aufsprießenden Blüthenstengeln dem Pilze die Möglichkeit benehmen, die Aecidiensporen auf die diesjährigen Sämlinge zu übertragen und dort die Uredoform zu erzeugen.

So lange die Krankheit nur vereinzelt auftritt, bietet sie keinen Grund zu irgend welcher Besorgniß; wenn sie dagegen, wie vor wenigen Jahren beobachtet worden, massenhaft überhand nimmt, kann sie der Ernte durch Vernichtung der ernährenden Blattorgane einen empfindlichen Schaden verursachen. Die stark vom Pilze befallenen Blätter sind auch als Futter nicht gut zu verwerthen.

Die Gattung Uromyces bietet noch manche andere Arten, welche den Kulturpflanzen schädlich werden.

Namentlich häufig begegnen wir rostigen Pferdebohnen (Vicia Faba L.) und Erbsen (Pisum sativum L.); dieser Rost ist Uromyces appendiculatus (Pers.) Lév., welcher auch auf der Futterwicke (Vicia sativa L.) erscheint. Auf den Bohnen (Phaseolus nanus L.) kommt Uromyces Phaseolorum (DC.) Tul. vor. Auf der Vogelwicke (Vicia Cracca L.), der Feldplatterbse (Lathyrus pratensis L.), dem rothen und weißen Klee (Trifolium pratense, medium und repens L.) schmarotzt mit seinen am Scheitel verdickten und dort in ein kleines Spitzchen ausgezogenen, glatten Teleutosporen der Uromyces apiculatus (Lk.) Lév. Auf anderen Schmetterlingsblüthlern, wie auf der Luzerne (Medicago sativa L.), dem Schneckenklee (Medicago lupulina L.), dem Ackerklee (Trifolium arvense L.) und dem Färbeginster (Genista tinctoria L.) findet sich Uromyces strictus Schröt.[1]) mit seinen braunen stacheligen Uredosporen hellbraune Flecke bildend. Die mattbraunen Teleutosporen mit ihrem meist zugespitzten Scheitel und gewundenen schwachen Längsleisten stellen dunkelbraune, oft zusammenfließende, leicht abwischbare Flecken auf den Blättern, Stengeln und Hülsen dar. Unsere Traubenhyacinthen (Muscari comosum Mill.) werden rostkrank durch Uromyces Muscari (Dub.) Lév. u. s. w.

III. Die Roste der Kernobstgehölze. Gymnosporangium. (Tafel IX.)

Zu den interessantesten und namentlich für den Obstbau wichtigen Rostformen gehört die Gattung Gymnosporangium (Hed.) Oerstedt, bei welcher ebenfalls ein vollkommener Generationswechsel mit Heterögie vorhanden ist, bei welcher aber keine Uredosporen vorkommen. Die Nährpflanzen sind hier nur Bäume und Sträucher, und zwar zeigen sich die Teleutosporen nur auf Nadelhölzern, ja fast ausschließlich auf Wachholder, während die Becherfrüchte, welche als besonderes

1) Schröter: Brand- u. Rostpilze Schlesiens in den Abhandl. der Schles. Gesellsch. 1869.

Pilzgeschlecht bis vor wenigen Jahren unter dem Namen Roestelia beschrieben worden, nur auf Kernobstgehölzen (Pomaceen) auftreten.

Die Teleutosporen erscheinen hier im Frühjahre auf Wachholder als gelbe bis braune Massen, welche bei feuchter Witterung zu bisweilen sehr großen Gallertmassen aufquellen (Fig. 1) und bei trockenem Wetter wieder zusammenschrumpfen. Wenn der Sommer beginnt, sind nur noch die Narben der Rinde (Fig. 2 n) vorhanden, aus denen die früheren Sporenmassen hervorgebrochen waren und bisweilen findet man die erste Entfaltung einer Adventivknospe (Fig. 2 a) dicht unter dieser Narbe. Die gallertartige Beschaffenheit, welche die gehäuften Teleutosporen annehmen, rührt von der großen Quellbarkeit der weiß erscheinenden, einzelligen Sporenstiele (Fig. 3 st, 4 st), welche aus einem perennirenden, stark verzweigten, septirten Mycelium (Fig. 3 a) entspringen. Dasselbe wuchert zwischen den Zellen des Rinden- und Blattparenchyms und sendet aus einem dicht zusammentretenden Geflechte die in großer Anzahl neben einander entspringenden, sporenbildenden Aeste (Fig. 3 b) an die Oberfläche des Pflanzentheiles, wobei die Epidermis oder selbst die starke Borke der Zweige durchbrochen wird. An der Spitze dieser Aeste entsteht dann eine solche Doppelspore, wie bei dem Grasroste, der Puccinia. Die einzelnen Zellen dieser Teleutosporen (Fig. 3 t) sind kegelförmig, mit ihren breiten Basaltheilen verbunden, mit dicker Innenhaut (Endosporium) und schwächerer Außenhaut (Episporium). Ihr Inhalt ist ein körniges Protoplasma mit gelb oder braun gefärbten Kügelchen vermischt. Kommen die Teleutosporen auf eine feuchte Unterlage, so entwickeln sie durch ihre 2 bis 4, (nach Oerstedt 8), in der Nähe der Querwand regelmäßig vertheilten Keimporen (Fig. 5 k) ein kurzes, 2 bis 3zelliges Promycelium (Fig. 4 p), von welchem jede Zelle ein kurzes Aestchen (Fig. 4 ste) (Sterigma) austreibt und aus der Spitze des Sterigma eine nierenförmige Sporidie (Fig. 4 sp) entwickelt, welche wie bei den Sporidien von Puccinia mit einem Keimschlauche keimt.

Aber diese Sporidien entwickeln sich nur dann zu einem Mycelium, wenn sie die geeignete Unterlage finden und dieselbe ist jetzt nicht mehr der Wachholder, sondern die Blätter, Blattstiele und jungen Früchte von Birnen, Aepfeln, Ebereschen, Mispeln, Quitten, Mehlbeeren, Weißdorn ꝛc.

Ende Mai oder Anfang Juni treten auf benannten Gehölzen durch die Aussaat der Sporidien jener gallertstieligen Teleutosporen erst gelbe, später rothgelbe Flecken auf. Auf der Blattoberseite (Fig. 6 a) zeigen sich hochrothe Punkte (Fig. 6 sp), die sich als Spermogonien zu erkennen geben und welche alsbald wieder nach Entleerung der Spermatien vertrocknen; bald, oder auch erst nach mehreren Wochen, folgen diesen Bildungen die gelben Fruchtbecherchen (Sporocarpien) mit deutlich weißer, vorspringender Hülle, der Peridie (Fig. 6 p, Fig. 10), auf der Blattunterseite (b) nach. Wie bei den Aecidien der Puccinia besteht die Becherhülle, welche aber hier bei Gymnosporangium manchmal eine Röhre von 6—8 Mm. Länge bildet, aus einer zusammenhängenden Schicht abortirter Sporen, deren Membran

verholzt ist (Fig. 8 p). Diese Becherhülle oder Peridie macht die Gattung recht leicht kenntlich und dient auch zur Unterscheidung der Arten; sie erscheint nämlich als eine weiße Kapuze (Fig. 10), die an der Spitze geschlossen, an den Seiten aber gitterartig durchbrochen ist, oder als eine Flasche, welche oben geöffnet, oder als ein Becher mit übergeschlagenem Rande. Die Sporenketten, welche diese Peridie umschließt, weichen von den entsprechenden Ketten der Getreiderostpilze ab, indem in der Jugend hier nicht unmittelbar eine Spore auf der andern steht, sondern sich zwischen je zwei Sporen (Fig. 12 sp) ein ungefärbtes, fadenartiges Zwischenglied (isthme Tul.) (Fig. 8 k, 12 k) einschiebt, welches erst bei der vollkommenen Ausbildung der charakteristischen Sporenwandung verschwindet.

Die Membran der gelb oder braungelb gefärbten Sporen (Fig. 9) besteht aus einer dicken, bräunlichen, von mehreren Keimporen durchbrochenen Innenhaut (Endospor) und einer warzig oder stäbchenförmig verdickten, braunen Außenhaut (Epispor), die bei der gewöhnlich bald nach der Reife erfolgenden Keimung vom Keimschlauche (Fig. 9 k) durchbrochen wird.

Wie die Keimschläuche dieser auf den Kernobstgehölzen entstandenen Sporen in die Blätter und Stengel der Wachholdersträucher eindringen, ist noch zu beobachten; wohl aber ist es Oerstedt[1]) gelungen, das Eindringen der Keimfäden von den Sporidien der auf Wachholder schmarotzenden Teleutosporenform in die Blätter von Pomaceen zu verfolgen. Die infizirten Blattstellen zeigen dann eine reichliche Wucherung des Parenchyms und in demselben eine enorme Stärkeablagerung, wie Fig. 8 a, der Querschnitt durch eine vom Pilze befallene Blattstelle, zeigt; solche Stärkeablagerung tritt bei vielen Schmarotzerpilzen als Begleitungserscheinung auf. Auch die Teleutosporen erzeugen an den Wachholderzweigen spindelförmige Auftreibungen, welche aber ohne wesentlichen Einfluß auf das Gesammtbefinden der Pflanzen sind (Fig. 2).

Der gefährlichste dieser Rostarten ist der

1. Gitterrost der Birnen. Gymnosporangium fuscum (DC.) Oerst.

Gegen Mitte oder Ende Juli sieht man die Birnblätter je nach der Varietät gelbfleckig bis leuchtend rothfleckig (Fig. 6) werden und alsbald auf der Oberseite in den Flecken einige noch intensiver gefärbte Punkte entstehen, in deren Umkreise später noch mehrere sich erheben. Es sind die Spermogonien (Fig. 6 sp. 7), welche

1) Om en saeregen, hidtil ukjendt Udvikling hos visse Snyltesvampe og navnlig om den genetiske Forbindelse mellem Sevenbommens Baevrerust og Paeretraeets Gitterrust. Af A. S. Orsted, in Schriften der Kgl. Dänischen Akad. d. Wissensch. naturwissensch. Abth. Bd. VII. 1865.

Oerstedt: Nouvelles observations sur un champignon parasite. 1866.

Nouveaux essais de semis faits avec des champignons parasites etc. Copenhague 1867.

alsbald, nach dem Alter ihrer Entstehung beginnen, die länglich eirunden, auf feinen Sterigmen (Fig. 7 st) gebildeten Spermatien (Fig. 7 sp) zu entleeren. Diese Spermogonien stehen in Verbindung mit einem zarten, reichlich verzweigten Mycelium mit körnigem, röthlichem Inhalte, das zwischen den Parenchymzellen des Birnenblattes wuchert. Bald nach der Entleerung der Spermogonien beginnt das Gewebe des Blattes anzuschwellen; die einzelnen Parenchymzellen bilden Tochterzellen und deren Ausdehnung macht die kranke Stelle, deren Chlorophyll verschwunden, dick fleischig (Fig. 8). Die Fig. 8 zeigt bei n die normale Dicke des Birnblattes, die durch Einwirkung des Rostbecherchens j bis zur dreifachen Ausdehnung anschwillt. An Stelle des Chlorophylls treten zahlreiche Stärkekörner (a). Das Mycel im Gewebe hat aufgehört, neue Spermogonien zu bilden; dafür beginnt es, sich zu farblosen, kugeligen Körpern zu verfilzen[1], welche noch tief in dem Wuchergewebe eingebettet liegen. Später erkennt man in diesen Mycelballen die Anlage der Fruchtschicht (Hymenium) und der diese einschließenden Hülle, Peridie, also die Anlage des jungen Fruchtbecherchens, das bei seiner Vergrößerung der unteren Blattfläche (Fig. 8 u) immer näher rückt, endlich die Epidermis durchbricht und nun als ein mehrere Mm. langes, kegelförmiges, weißes oder mattgelbliches Körperchen in's Freie ragt.

Der frei über die Blattfläche hinausragende Theil ist häufig nur die Hülle (Fig. 8 p), welche an ihrer geschlossenen Spitze aus isodiametrischen, unregelmäßig gestellten, weiter nach der Basis hin aber regelmäßig reihenweis angeordneten, prismatischen, dickwandigen Zellen besteht, wie dies am leichtesten bei einer mit der Nadel abgehobenen Peridie, Fig. 10, erkannt wird.

Die Verbindung der einzelnen Zellen der Peridie unter einander ist sehr eigenthümlich. Jede besitzt nämlich auf der Innenseite ihrer oberen Kante eine hervorragende Leiste (Fig. 11 k), welche über den unteren Rand der nächstoberen Zelle hinweggreift, so daß diese gleichsam in die untere eingefalzt ist. In der Richtung von unten nach oben sind somit die Zellen weit fester verbunden, als seitlich und daher erklärt es sich, daß bei der Fruchtreife die Peridie in Längsspalten aufreißt, während ihr Gipfel geschlossen bleibt. Das dadurch entstehende gitterförmige Aussehen der Hülle hat die Bezeichnung des Rostes als Gitterrost veranlaßt. Die von der Peridie eingeschlossenen Sporen (Fig. 9) sind polyedrisch mit gelbbraunem Inhalte und dunklerer Membran, die aus dickem Endospor und schwächerem Epispor zusammengesetzt ist. Zwischen den 12 (nach Oerstedt 6) Keimporen wölbt sich das Endospor polsterartig nach innen, was ganz charakteristisch für diese eine Rostart ist, die früher als eigene Gattung unter dem Namen Roestelia cancellata[2]) Rebent. beschrieben worden ist.

---

1) de Bary: Untersuchungen über die Brandpilze 1853. Berlin. S. 74.

2) Dies ist jedoch nur einer von den vielen Namen, welche diese Pilzform, die durch Größe und Farbe auch den älteren Forschern aufgefallen, im Laufe der Zeit erhalten. Jaquin

Erst durch Oerstedt wurde der Zusammenhang dieser Becherform mit den Teleutosporen nachgewiesen, welche als stumpfkegelförmige Gallertmassen (Fig. 1 t) auf Zweigen verschiedenen Alters vom Sadebaum (Juniperus Sabina L.) und anderen Juniperus-Arten, wie J. Oxycedrus L., virginiana L. und phoenicea L., endlich aber auch noch auf einer griechischen Kiefer (Pinus halepensis Mill.) auftreten[1].

In der Regel zeigen sich die Gallertmassen auf den Nadelholzzweigen gegen Mitte April; sie sind in ihrer Gestalt nicht immer gleich; meist kegelförmig, bisweilen cylindrisch, selten kammartig getheilt, gehen sie aus der orangegelben Färbung unter Entwicklung der Sporidien allmählig in die rothbraune über, verschrumpfen bald darauf gänzlich und verschwinden mit Hinterlassung von Narben (Fig. 2 n), während das sie erzeugende Mycel im Rindenkörper des anschwellenden Zweiges weiter wuchert, um wahrscheinlich im nächsten Jahre an einer etwas jüngeren Stelle neue Teleutosporen zu erzeugen.

Dieselben erscheinen entweder dunkelbraun (Fig. 3 t) und aus zwei fast halbkugeligen, sehr dickwandigen Hälften zusammengesetzt oder gelb (Fig. 4) und dann aus zwei spitz kegelförmigen Hälften gebildet, die bedeutend dünnwandiger sind. Beide Sporenarten besitzen in jeder Hälfte meist 4 kreuzweis in einer Ebene liegende Keimporen, durch welche das Promycel heraustritt.

Manchmal kommen, ebenso wie bei der Gattung Puccinia und Phragmidium verkümmerte, nur einzellige Sporen vor; dieselben keimen dann (nach Reess) mit einem einfachen Mycelfaden anstatt mit einem Sporidien abschnürenden Promycel. Gelangen die Sporidien auf Birnenblätter, so durchbohren die Keimschläuche die Oberhautzellen, entwickeln sich im Blattparenchym zu einem feinen Mycel, das 8 Tage nach dem Eindringen die gelben Flecken des Blattes hervorruft und noch

---

nannte den Pilz zuerst Lycoperdon cancellatum; später hieß er Aecidium cancellatum Pers., Caeoma cancellatum N. a. E., Caeoma Roestelites Lk., Uredo cancellata Spreng. und Ciglides calyptratum Chév.

1) Die Teleutosporenform ist noch in weit höherem Grade, als die Aecidiumform, im Laufe der Zeit, in der man sie als eine in sich abgeschlossene Pilzgattung betrachtete, mit Namen beglückt worden. So beschrieb sie Micheli als Puccinia non ramosa major pyxidata; darauf erhielt sie die Namen Puccinia cristata Schmid, Puccinia Juniperi Pers., Tremella Sabinae Dicks., Tremella digitata Hoffm., Clavaria resinosorum Gmel., Gymnosporangium fuscum DC., Gymnosp. conicum Hedw., Spreng., Podisoma Juniperi Lk., Pod. Jun. Sabinae Fr. Bisch., Podisoma fuscum Duby, Corda. und Pod. violaceum F. Br. Der von De Candolle der Teleutosporenform allein gegebene Name Gymnosporangium fuscum DC. ist der jetzt für die Aecidiumform mit geltende[2]), sowie bei allen Rostpilzen der Name, den die Teleutosporen früher als selbstständige Art gehabt, auf alle daraus sich entwickelnden Formen, die früher unter Uredo und Aecidium gingen, übertragen wird.

2) Die Rostpilzformen der deutschen Coniferen von Reess. Abhandlungen der naturforsch. Ges. zu Halle. Bd. XI. 1869.

4 Tage später die ersten Spermogonien mit ihren hellgelben, oblongen, etwa 0,0066 Mm. langen Spermatien bildet.

Durch die experimentelle Durchführung des eben geschilderten Prozesses ist der Beweis für die Zusammengehörigkeit der auf Wachholder schmarotzenden Form mit der auf Birnbäumen vorkommenden gebracht worden. Diese letztere ist es, welche einen wesentlichen Schaden hervorrufen kann, wenn sie die jungen Früchte befällt. Daß fast der gesammte Blattkörper eines Baumes leidet, scheint höchst selten; daß einzelne Bäume aber Zweige haben, an denen kaum ein einziges Blatt vom Pilze verschont geblieben ist, habe ich, zu beobachten Gelegenheit gehabt. Oerstedt erwähnt einen sehr eklatanten Fall; er sah auf Seeland den Birnenrost seit der Einführung von Juniperus Sabina in jährlich wachsender Menge auftreten. Es wird hiergegen sich, außer dem Entblättern, kaum ein Mittel finden lassen. Das beste Mittel dürfte das Aufsuchen und Vernichten der gedrängt stehenden, durch ihre leuchtende Farbe leicht kenntlichen Teleutosporen im April auf Wachholdersträuchern sein. Dem Verfasser sind bis jetzt zwei Fälle bekannt geworden, bei welchen der Birnenrost mit der Vernichtung der Juniperus verschwand. Wenn man die Vernichtung der Aecidienform unternimmt, wird sich die Aufmerksamkeit aber nicht allein auf die Birnen (Pirus communis L.) und ihre Varietäten, sondern auch auf verwandte Gehölze in den Anlagen, wie P. Michauxii Bosc. und P. tomentosa DC. zu richten haben.

2. Apfelrost, Gymnosporangium clavariaeforme DC.

Diese zweite Art sucht sich andere Obstgehölze als Unterlage. Die Aecidiumform schmarotzt auf dem Apfel (Pirus Malus L.), der Mispel (Mespilus germanica Lk.), der Mehlbeere (Pirus Aria Ehrh., Sorbus Aria Crntz), der Zwergmispel (Mespilus Chamaemespilus L., Sorb. Chamaemesp. Crntz), dem gewöhnlichen Weißdorn (Crataegus Oxyacantha L.) und verschiedenen anderen eingeführten Weißdornarten der Gärtner. Wie bei der vorigen Art sind bisweilen Blätter, Blattstiele und junge Früchte von dem orangefarbenen Sporenpulver, das polsterartig auf den braunen Gewebeanschwellungen sitzt, überzogen. Die jüngeren der von 3 bis 20 Stück beisammensitzenden Aecidienfrüchte sind noch von der zuerst weißen, flaschenförmigen, am Gipfel sich später öffnenden Peridie überdeckt, deren Zellreihen sich dann auch noch seitlich trennen. Bei dieser Trennung ist ein Unterschied bemerkbar, der die Veranlassung zur Unterscheidung von zwei Formen derselben Art gegeben hat. Bei den Becherchen nämlich, welche sich auf dem Apfel und der Zwergmispel entwickeln, trennen sich die einzelnen Zellreihen der Peridie bis zur Basis der freien Röhre und bilden auf diese Weise 20—30 einzelne, nach außen sich umschlagende Fäden, in denen die Sporenmasse, wie auf einem Teller ruht. Diese Form hatte man, als das Aecidium noch als selbst-

ständige Art unter dem Namen Roestelia beschrieben wurde, Roestelia penicillata Sow.[1]) genannt.

Die zweite Form, welche in noch zahlreicher zusammenstehenden Becherchen große Flecken auf der Mispel, dem Weißdorn und ähnlichen Cratägus-Arten bildet, hat eine weiße Peridie, die nicht so tief zerspalten, sondern am Gipfel nur gefranzt, an den Seiten hier und da unregelmäßig geschlitzt ist. Auf dieses Merkmal hin wird diese Form als Roestelia lacerata Sow.[2]) bezeichnet. Die Unterschiede zwischen den beiden früheren Arten und jetzigen Formen bestehen also eigentlich nur in der Art und Weise, wie sich die weiße Hülle öffnet, was eine Trennung in zwei verschiedene Arten nicht rechtfertigt. Durch direkte Impfversuche hat denn Oerstedt[3]) auch nachgewiesen, daß beide Formen aus denselben Teleutosporen entstehen und somit unter dem schon 1783 von Müller aufgestellten Namen Roestelia penicillata zusammengefaßt werden müssen. Oerstedt säete am 21. Mai Sporidien von Podisoma (Gymnosporangium) clavariaeforme auf frische junge Blätter von Weißdorn und Apfel. Am 28. schon erschienen auf der Oberseite der Weißdornblätter die ersten Spermogonien und etwa 3 Wochen später die Becherchen der Roestelia lacerata, während bei anderen Röstelien 2—3 Monate vergehen, ehe die Becherfrüchte erscheinen. Auffallend war dabei, daß die Becherfrüchte sich seltener auf dem Blatte selbst und dann nur in der Nähe der Mittelrippe entwickelten. Meistentheils stieg das Mycelium durch den Blattstiel in den jungen Zweig hinab. Im Freien zeigen sich auch häufig die Blüthenstiele und Früchte befallen. Dieselbe Aussaat gab auch auf den Aepfeln die charakteristische Röstelia-form. Die Sporen beider Formen sind übereinstimmend; sie stehen in etwa 12gliedrigen Ketten auf den kurzen Trägern im Grunde des Becherchens und bilden gelbe, rundlich eckige, braunwandige Körperchen. Die Membran der Sporen besteht aus einem Epispor, das auf dem Durchschnitt wie aus einzelnen aufrecht stehenden Stäbchen zusammengesetzt erscheint und einem dickeren ungeschichteten Endospor, das nach Reess ungefähr 6 (nach Oerstedt 9) Keimporen zeigt. Die einzelnen Zellen der Peridie besitzen keinen vorgezogenen oberen Rand, wie bei der vorigen Art.

Die Teleutosporen, aus deren Sporidien die oben beschriebenen Rostformen auf Apfel und Weißdorn entstehen, sind bisher nur auf dem gemeinen Wachholder beobachtet worden.

---

1) Dieselbe Form findet sich in früheren Werken unter Lycoperdon penicillatum Müll., Aecidium penicillatum Pers., Aecidium Mali Schum., Aecidium laceratum DC., Caeoma cylindrites Lk., Caeoma penicillatum Schlecht., Aecidium cornutum Pers., Ceratitium penicillatum Rab.

2) Synonyma: Aecidium Oxyacanthae Pers., Acc. Mespili DC. u. Oxyacanthae DC., Acc. laceratum Sow., Caeoma Cylindrites Lk., Aecidium cornutum Pers., Ceratitium laceratum Rabenh., Roestelia penicillata de By.

3) Nouveaux essais de semis faits avec des champignons parasites etc. Copenhague 1867.

Sie erscheinen in Deutschland etwa in der Mitte des April in hellgelben, mehr knorpelig als gallertartigen, bald cylindrischen oder bandförmigen, oft an der Spitze hornartig gekrümmten, aus der Rinde der Wachholderzweige hervorbrechenden Haufen, deren einzelne, schlank spindelförmige, gelbe, nicht sehr dünnwandige Doppelsporen[1]) gegen Anfang Mai ihre Sporidien entwickeln und dann vertrocknen. Die Innenwand dieser Teleutosporen besitzt charakteristische, sehr feine, spaltenförmige Tüpfel außer den vier rundlichen, kreuzweis an der Basis jeder Zelle der Doppelspore stehenden Keimporen, aus denen bei der Keimung (nach Tulasne) ein höchstens 3zelliges Promycelium sich entwickelt, das ebensoviel nierenförmige Sporidien trägt, welche zu ihrer weiteren Entwicklung auf die obengenannten Obstgehölze geführt werden müssen.

3. Der Ebereschenrost, Gymnosporangium conicum Oerst.

Die dritte Form endlich, Gymnosporangium conicum Hedw. fil. DC. Oerst.[2]) entwickelt ebenfalls die Teleutosporenform auf dem gemeinen Wachholder (nach DC. und Chev. auch auf Junip. Sabina) zu derselben Zeit, wie die vorige Art. Sie erscheint in der Form halbkugeliger oder kegelförmig gewölbter, oder auch birnförmiger, goldgelber bis gelbbrauner Gallertklumpen, die aus der Rinde angeschwollener Zweigstücke oder der Epidermis der Blätter hervorbrechen. Die Innenwand der einzelnen Doppelsporen, die bald größer, braun und dickwandig, bald klein, gelb und dünnwandiger sind, zeigt 4 kreuzweis gestellte, selten nur 2 Keimporen, durch welche die Promycel- und Sporidien-Entwicklung, wie bei der vorigen Art erfolgt. Die Sporidien entwickeln sich aber nur auf der Eberesche (Sorbus aucuparia L.), der Elsbeere (Sorbus torminalis Crntz) und der Felsenmispel (Amelanchier vulgaris Mnch.) zu Rostbecherchen weiter, welche den Namen Roestelia cornuta Ehrh.[3]) führten. Diese Rostbecherchen entstehen hier meist erst

---

1) Ihr jetziger Name Gymnosporangium clavariaeforme DC. dient zur Bezeichnung für die als Roestelia beschriebene Becherfruchtform mit. Als abgeschlossene Art führten die Teleutosporen außerdem noch die Namen: Tremella clavariaef. Jaqu., Tremella digitata Vill., Tr. digii Hoffm., Tr. ligularis Bull., Tr. juniperina Wahl., Podisoma Lk., Podis. clavariaeforme Duby., Podis. Juniperi communis Fr., Podis. ligulatum Chév.

2) Syn.: Lacryma lutea Juniperi Franke im Jahre 1683, Byssus gelatinosa L., Tremella juniperina L., Tremella auriformis Hoffm., Gymnosporangium Juniperi Lk., Gymn. juniperinum Fr., Gymn. aurantiacum Chév., Podisoma juniperinum Oerst., Podisoma foliicolum Berk.

3) Außerdem ist dieselbe beschrieben worden unter Lycoperdon corniculatum Ehrh., Lycoperdon corniferum Müller, Aecidium cornutum Pers., Caeoma Cylindrites Lk., Caeoma cornutum Schlecht., Uredo cornuta Spreng., Centridium Sorbi Chév., Ceratitium cornutum Rab., Aecidium Amelanchieris DC., Centridium mamillosum Chev.

Taf. IX



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.

W. A. Meyn lith.

im Juli und August und sind in der Jugend ebenfalls von der, einer langhalsigen Flasche gleichenden, weißen, später verholzenden, gelblich braunen Hülle (Peridie) bedeckt. Der Hals der flaschenförmigen Hülle, der auf der Eberesche sehr lang, auf der Felsenmispel sehr kurz ist, biegt sich mit seiner offenen gezähnelten Spitze hornartig nach unten, wodurch die Bezeichnung **cornuta** hervorgerufen worden ist.

Schon durch die geringere Bedeutung der befallenen Nährpflanzen erweist sich diese Art als die wenigst wichtige. Ueber ihre Vertilgung gilt dasselbe, was bei der auf Birnen schmarotzenden gesagt worden ist.

Die bisher betrachteten Rostformen gehören zu den vollkommensten der ganzen Familie. Die Getreiderostarten haben zunächst eine Uredoform, bilden darauf Dauersporen; aus diesen entwickeln sich die Sporidien, welche auf anderen Nährpflanzen die vollkommenen Becherfrüchte, die Aecidien mit ihren Vorläufern, den Spermogonien erzeugen.

Die Gattung **Gymnosporangium** entwickelt in derselben Reihenfolge dieselben Fruchtformen; nur fehlt hier die Sommersporen-, die Uredoform. Wir haben aber hier auch Rostarten zu erwähnen, die bis jetzt keinen so vollkommenen Generationswechsel erkennen lassen. Möglicherweise bilden dieselben nur eine einzige Fruchtform überhaupt; wahrscheinlich aber werden noch andere Fruchtformen an anderen Pflanzen aufgefunden werden. Dahin gehört die, vorläufig nur in ihrer Teleutosporenform bekannte, Gattung **Chrysomyxa Unger** mit der einzigen Art, welche die Ursache ist für die

IV. Gelbfleckigkeit der Fichtennadeln (Fichtennadelbräune), Chrysomyxa Abietis Ung.[1]).

Diese Krankheit ist von allgemeiner Verbreitung. Zu Ende April oder Anfang Mai erscheinen auf der Unterseite der zweijährigen Nadeln der Fichte **Pinus Picea Dur.** (**Picea excelsa Lk.**), welche schon $^3/_4$ Jahr vorher die ersten Spuren der Krankheit durch ihre Gelbfleckigkeit anzeigten, die Teleutosporenlager als langgestreckte, etwa $^1/_2$ Mm. hohe, orangegelbe, sammtartige Polster[2]). Diese Sporenpolster, welche von keiner besonderen Hülle umgeben sind, sondern nur von der Oberhaut der Nadel zuerst bedeckt sind, durchbrechen später die Epidermis und verschwinden, nachdem sie an der Luft allmählig eine chromgelbe Farbe angenommen haben, schon gegen Ende Mai. Ein feiner Schnitt durch ein solches Fruchtlager läßt erkennen, daß dasselbe aus dichtgedrängten, einfachen oder wiederholt gabeligen Fäden von cylindrischen Zellen bestehet, welche unter der auf die Epidermis

1) Blennoria Abietis Wallr.
Uredo epidermoidalis Hartig. Caeoma piceum Hartig.

2) Vorzugsweise nach Reess: Rostpilzformen der deutschen Coniferen.

unmittelbar folgenden Parenchymzellenschicht angelegt worden sind. Diese orangegelben Zellenfäden stellen je eine Teleutospore dar; sie unterscheiden sich von den entsprechenden Gebilden anderer Arten dadurch, daß man an ihnen die Stielzelle von den Sporenzellen meist nicht unterscheiden kann. Darin gleicht die Chrysomyxa einer anderen Rostform, dem Coleosporium Lév., deren Arten rothe Lager auf den Blättern von Glockenblumen, Kreuzkraut, Wachtelweizen, Klappertopf u. s. w. bilden, deren Teleutosporen aber nicht verzweigt sind und denen eine Uredoform vorangeht, welche der Chrysomyxa fehlt. Daß diese Fäden aber wirklich Teleutosporen sind, erkennt man an dem, bei feuchter Witterung bald erfolgenden Austreiben eines Promycels aus einer der 2—4 oberen Zellen, wobei die darunter liegenden Zellen des Fadens ihren Inhalt zur Ernährung des Promycels hergeben müssen, dabei wasserhell und dadurch als Stiel kenntlich werden. Zunächst fängt die oberste Zelle zu keimen an, und darauf entwickeln 2—3 der darunter liegenden ebenfalls noch Keimschläuche, wie es scheint, aus beliebigen Stellen in der Nähe der oberen Wandung, da Keimporen nicht beobachtet worden sind. Das Promycel trägt 4 Sporidien, welche, anfangs farblos, später gelb, alsbald den Inhalt des sie tragenden kleinen Astes (Sterigma) und der dazu gehörigen Promycelzelle für sich beanspruchen. Ist die Sporidienbildung an der obersten Teleutosporenzelle beendet, so beginnt sie an der zunächst darunter liegenden; mit dem Fortschreiten dieser Knospenbildung nimmt das ganze Polster die von den Sporidien herrührende, bereits erwähnte, chromgelbe Färbung an. Wenn in dieser Weise die Keimung sämmtlicher Sporen erfolgt ist, stirbt das in der Nadel ruhende Pilzlager und meist die Nadel selbst ab. Dieser Vorgang dauert ungefähr 2—3 Wochen und findet, je nach der Lage des Ortes im Mai oder Juni statt. Säet man die Sporidien in Wasser aus, so treiben sie nach wenigen Stunden einen kurzen, engen Schlauch, dessen Ende zu einer sekundären Sporidie anschwillt, welche den Inhalt der primären Sporidie derart an sich zieht, daß diese zu einem farblosen, äußerst dünnwandigen Bläschen wird. Bringt man dagegen die Sporidien auf junge Nadeln, die noch nicht die Hälfte ihrer definitiven Länge erreicht haben[1]), so sieht man die Keimschläuche der Sporidien mit ihrer Spitze fest auf der Oberhaut der Nadel angepreßt und einige von ihnen bereits in das Innere der Nährpflanze eingedrungen, indem sie die Epidermiszellen durchbohrt haben.

Aus dieser direkten Beobachtung und aus dem Umstande, daß um so mehr junge Nadeln in einem Jahre erkranken, je mehr die älteren Nadeln desselben Exemplars mit reifen Teleutosporenlagern bedeckt sind, und daß diese gerade reif sind, wenn die jungen Nadeln austreiben, läßt sich schließen, daß durch Aussaat der Sporidien direkt wieder die Krankheit erzeugt wird, zumal da in den jungen Zweigen und Blattbasen kein Mycel aufgefunden worden ist. Dadurch ist auch die Vermuthung

---

1) Reess: Chrysomyxa Abietis Ung. und die von ihr verursachte Fichtennadelkrankheit. Bot. Zeit. 1865. S. 388.

ausgeschlossen, daß etwa das perennirende Mycel aus dem älteren Zweigstücke in das jüngere hinüberwachse.

Die Erkrankung der jungen Nadeln tritt also unmittelbar nach der Reife der Sporidien an den alten Polstern auf und ist in der Mitte Juni ungefähr schon dem bloßen Auge kenntlich, indem auf der lebhaft grünen Nadel entfärbte Stellen erscheinen. Die länglichen, anfangs weißlich-gelben Flecken sind bereits im Juli intensiv gelb geworden, und bis Ende August treten auf denselben (in der Regel auf der Unterseite der Nadel) braune Längsstreifen auf, die sich bis Ende des Herbstes zu 3—9 Mm. langen, in der Längsrichtung der Nadel gestreckten, rothbraunen Pusteln ausbilden. Im Frühjahre schwellen die über Winter unverändert erscheinenden Pusteln stark an, bersten der Länge nach auf, indem die Oberhaut der Nadeln durch die schnell wachsenden Teleutosporen gesprengt wird und diese selbst als orangegelbes Pulver zu Tage treten.

Das dichte, reich verästelte, septirte, gelbe Oeltropfen führende Mycel, aus welchem die Sporen entspringen, windet sich zwischen den Parenchymzellen des Blattes hin, wobei es vermittelst Saugwarzen (Haustorien[1])) seine Nahrung aus dem Inneren der Zellen holt. Wie bei Gymnosporangium wirkt dieses Mycel auch derartig reizend auf das umgebende Nährgewebe, daß in demselben eine sehr reiche Stärkeablagerung erfolgt, die zur Zeit der Bildung der Fruchtlager des Pilzes verbraucht ist. Die normale Nadel lagert zwar ebenfalls Stärke ab, aber dies geschieht erst 6—8 Wochen später.

Aus dem oben geschilderten Entwicklungsverlaufe des Pilzes ergiebt sich von selbst der Schaden, den derselbe bei häufigem Auftreten anrichten kann. Und die Fälle sind nicht selten, wo große Bestände durch den Pilz epidemisch heimgesucht worden sind. Seit dem Jahre 1831[2]), wo sie von v. Berg im Harze in großer Ausdehnung beobachtet worden war, ist die Krankheit bis heute in verschiedenen Theilen Deutschlands, hin und wieder über große Flächen verbreitet und alle Altersstufen der Bäume heimsuchend, aufgetreten. Die schnelle Vermehrung erklärt sich durch die zahlreichen Sporidien[3]). Es ist daher die Frage nach Mitteln, durch welche sich die Krankheit bekämpfen läßt, dringend geboten.

Als passende Maßregeln zur Vermeidung der Krankheit, die in feuchten Oertlichkeiten mehr Verbreitung zu gewinnen scheint, empfiehlt Willkomm[4]) zunächst die Unterlassung des Anbaues von Fichten auf nassem Boden oder an solchen Oertlichkeiten, welche im Sommer einer feuchtwarmen und stagnirenden Atmosphäre

---

1) Reess: Rostpilzformen der deutschen Coniferen 1869.

2) Stein: Ueber zwei Schmarotzerpilze im Innern der Fichten- und Kiefernadeln ꝛc. Tharander akad. Jahrb. Bd. IX. Separatabdr. S. 5.

3) Wenn man auch von der von Münter angegebenen Conidienbildung in Form von Cephalothecium roseum Cord. (Loew in Bot. Z. 1867 S. 73) (dem Münter'schen Arthrobotrys oligospora Fres.) absieht. Vergl. Bot. Untersuchungen von Karsten Heft III. S. 221.

4) „Die mikroskopischen Feinde des Waldes“ Heft II. 1867. S. 163.

ausgesetzt sind (enge feuchte Thäler); man wähle statt der Fichte in derartigen Lagen Tannen und Weymouthskiefern. Wenn Fichten durchaus an solchen Orten angepflanzt werden sollen, so entwässere man den Boden und sorge für zweckmäßigen Auf- und Durchhieb, um reichlichen Luftwechsel zu ermöglichen. Bei sporadischem Auftreten des Rostes suche man die befallenen Aeste oder im Nothfall selbst die ganzen Bäume abzuhauen. Das kranke Holz muß sofort entfernt werden, damit es nicht als neuer Infektionsheerd diene. Bei epidemischem Auftreten des Rostes, wie dies 1833 im Harze und 1866 in Neu-Vorpommern beobachtet worden, läßt sich allerdings nicht Alles wegschlagen; dann sorge man aber wenigstens für möglichst reichliche Durchforstung, wobei man die kränkesten Stämme entfernt. Endlich dürfte auch der Forstmann seine Aufmerksamkeit auf den Anbau der nordamerikanischen Weißfichte (Abies alba Poir, Picea alba Lk.) richten, welche (nach Münter) vom Fichtennadelroste nicht befallen wird.

Die verderblichste von sämmtlichen, die Nadelhölzer bewohnenden Rostarten aber dürfte jedenfalls das bisher zwar noch unvollkommen, nämlich nur in der Becherfruchtform bekannt gewordene und nach dieser Becherfrucht benannte Aecidium elatinum auf Pin. Abies Duroi. Abies pectin. DC. sein.

V. Krebs und Hexenbesen der Weißtanne, Aecidium elatinum A. u. S.

giebt zunächst Veranlassung zu den bedeutenden Schäden, welche der Windbruch anrichtet. Die krebskranken Stämme erliegen nämlich am leichtesten den Stürmen. Kenntlich ist die Krankheit[1]) durch eine bis auf das Doppelte der normalen Dicke anwachsende, meist tonnenförmige Anschwellung des sonst gesunden Stammes, der an dieser Stelle mit einer dicken, tief rissigen Rinde versehen ist. Die Jahresringe des Holzkörpers zeigen sich an der kranken Stelle häufig von wechselnder Dicke und im Allgemeinen stark entwickelt, bisweilen aber auch stellenweise ganz ausgesetzt; dafür findet dann eine reichlichere Bildung von secundärer Rinde statt. So lange noch die Rinde den kranken Holzkörper deckt, behält derselbe auch die Consistenz des festen Holzes, das sehr unregelmäßigen Maserverlauf zeigt. Ist aber der Rindenkörper einmal entfernt, vermorscht das Holz sehr schnell und zwar nicht blos an der kranken Stelle, sondern auch fußweit in die gesund gewesene Umgebung hinein, wodurch der Stamm außerordentlich leicht brüchig wird und starken Stürmen nicht mehr widerstehen kann.

Der anatomische Befund lehrt, daß an der kranken Stelle die Bastelemente auffallend spärlich entwickelt sind und kleine, leicht zu übersehende Gruppen in dem massig ausgebildeten Rindenparenchym darstellen. Das Parenchym nun zeigt sich von Mycelfäden reichlich durchwuchert, die selbst bis in das Cambium und den Holzkörper hineingehen; dieselben bleiben nicht allein zwischen den Zellen, sondern holen auch ihre Nahrung aus dem Inneren der Zellen heraus.

1) de Bary: Ueber den Krebs und die Hexenbesen der Weißtanne. Bot. Zeit. 1867. S. 257.

Dies geschieht vermöge ihrer Saugorgane (Haustorien), welche im Rindenparenchym als verzweigte, keulige, bisweilen knäuelartig gewundene, im Weichbaste, sowie in den Markstrahlen und der Cambiumschicht als kurze, keulenförmige Aestchen auftreten.

Das Mycel gehört zu dem **Aecidium elatinum**, welches auf den Blättern und jungen Zweigen seine Spermogonien und zahlreichen Becherfrüchte entwickelt und welches die eigentliche Ursache der Entwicklung büschelförmig zusammenstehender, zahlreicher kurzer Zweige der Tanne ist, die wir mit dem Namen Hexenbesen bezeichnen. Jeder Hexenbesen tritt aus einer, oft sehr kleinen krebsartigen Geschwulst hervor. In solcher Geschwulst perennirt das Mycel oft über 50 Jahre, und gelangt dasselbe in eine junge Knospe, so wird diese durch den Reiz, den der Pilz ausübt, zum Austreiben und zur krankhaften Zweigbildung angeregt, wodurch alsbald ein neuer Hexenbesen entsteht. Bisweilen brechen an solchen, schon mehrere Jahre alten Krebsstellen unentwickelt gebliebene oder vielleicht auch neu angelegte Knospen hervor und entwickeln sich zu frischen Hexenbesen, deren Triebe durch ihre kürzeren, fleischigeren, nur einjährigen Nadeln sich auszeichnen. Kommt der Winter, so sind die Nadeln bereits gelblich und fallen bald ab. Nach wenigen Jahren stirbt auch der ganze Hexenbesen ab. Die Ursache der gestaltlichen Veränderung und des frühen Abfallens der Nadeln ist ohne Zweifel das Mycelium des Pilzes, welches schon in dem Winter, der der Entfaltung der jungen Nadeln vorausgeht, in denselben zu finden ist und sich nach der Entfaltung in dem wesentlich vom normalen Zustande abweichenden Parenchym zur Fruchtbildung anschickt.

Zwischen den Epidermiszellen und der dieselben überziehenden Cuticula der Blattoberseite treten dann die Mycelfäden zunächst zur Spermogonienbildung zusammen. Die kegelförmigen Spermogonien treiben die sich ausdehnende Cuticula auf und durchbohren dieselbe endlich mit ihren Spitzen, um den kleinen, rundlichen, farblosen Spermatien einen Ausgang zu verschaffen. Viel tiefer in das Gewebe der Nadel eingesenkt finden sich die Aecidiumbecherchen, welche anfangs von zwei unter der Oberhaut liegenden Parenchymzellschichten gedeckt sind und bei der Reife als blaß orangenrothe Polster zu beiden Seiten des Mittelnervs auf der Unterseite der Nadel hervorbrechen. Die einzelnen Sporen sind meist oval, mit einem warzigen Epispor und plasmatischem, durch orangerothe Tröpfchen gefärbten Inhalte. Sie keimen nicht schwierig mit 1—2 Keimschläuchen und dienen jedenfalls zur Verbreitung der Krankheit. Auf welche Weise dies aber geschieht, ist bis jetzt unbekannt, da de Bary gefunden, daß die Keimschläuche nicht in die Tanne eindringen. Diese Beobachtung weist darauf hin, daß dieses Aecidium zunächst eine andere Nährpflanze braucht, auf welcher es wahrscheinlich seine Uredo- und Teleutosporenform entwickeln wird.

Möglicherweise kennen wir die beiden fehlenden Formen auf anderen Pflanzen schon längst und wissen nur noch nicht ihren Zusammenhang mit dem eben be-

sprochenen Aecidium[1]). So lange wir aber dessen vollkommenen Entwicklungsgang und Generationswechsel noch nicht kennen, läßt sich schwer an Mittel zur Vertilgung der Krankheit denken.

Sowie die Tanne besitzen auch Kiefer und Fichte ihre spezifischen Rostpilze, die bis jetzt ebenfalls nur in der einen Becherform bekannt sind. Der Kiefer unter Umständen recht schädlich wird der Rostpilz, Aecidium Pini (Wild.) Pers., Peridermium Pini Lév., insofern, als er das Rindengewebe theilweis zerstört; die Risse, welche bei dem Durchbruche des Aecidium in der Borke entstanden, dienen als Austrittstellen für Harzflüsse. Am schädlichsten aber wirkt er, wenn er in Massen bei jungen Kiefernsämlingen auftritt, deren Nadeln er dicht besetzt hält. Nach R. Hartig (Bot. Zeit. 1873. S. 355) ist das Mycel dieses Rostes die Ursache des Kienzopfes. Von der ersten Erkrankungsstelle geht das Mycel allseitig im Bastkörper des Baumes langsam weiter, indem sich die intercellularen Fäden zwischen Siebfasern und Bastparenchym eindrängen und dabei zahlreiche Haustorien in die Zellen des letzteren senden. Durch die Markstrahlen gelangt das Mycel in den Holzkörper und dessen Harzkanäle, die zerstört werden und das Harz ausfließen lassen. Auch das Innere der Zellen wird mit Harz angefüllt und die Wandungen verkienen.

Sobald das Mycel den ganzen Umfang des Stammes an einer Stelle ergriffen, stirbt der darüber liegende Stammtheil (Zopf) ab, was allerdings manchmal erst nach 50 Jahren geschieht. Das auf der Fichte schmarotzende Aecidium abietinum A. u. S., welches die Sporenentwicklung mit Zwischenzellen, ähnlich wie Gymnosporangium zeigt, erscheint im Juni bis August auf einjährigen Nadeln im Ganzen nicht häufig. Auch hier windet sich das septirte, verzweigte Mycel meist intercellular im Blattparenchym hin, wird aber auch dadurch intracellular, daß es Aeste als anschwellende Haustorien in die Zellen hinein sendet. Wie bei Chrysomyxa tritt durch die Pilzvegetation eine vorzeitige Stärkebildung in den gelben Stellen der erkrankten Nadel ein. Die anderen, noch seltneren Formen, welche Fichten- und Tannenstämme bewohnen, ebenso wie die auf den Zapfen vorkommenden Aecidien übergehen wir, um schließlich

VI. den Drehrost der Kiefer, Caeoma pinitorquum A. Br.,

zu behandeln. Die Krankheit, welche bisher nur vereinzelt aufgetreten, hat in letzter Zeit nach R. Hartig[2]) sehr zugenommen. Der Parasit befällt bereits sehr junge, erst wenige Wochen alte Kiefernsämlinge am oberen Stengeltheile, an den Samenlappen und Knöspchen. Im späteren Alter dagegen tritt er nur an jungen Zweigen, nicht

1) Synonyma von Aecidium elatinum Alb. et Schw. sind Caeoma elatinum Lk. Uredo elatina Spr. Peridermium elatinum Kze. et Schm.

2) Mittheilungen aus der pflanzenphysiologischen Abtheilung der forstl. Versuchsstation zu Neustadt-Eberswalde in der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen von Dankelmann 1871. Heft I. S. 99.

mehr an den Nadeln auf und dann ist auch die eigentliche Gefahr für die Nährpflanze vorüber. Am meisten werden junge Schonungen von 1—10 jährigem Bestande befallen, und ist die Krankheit einmal irgendwo aufgetreten, so verschwindet sie nicht mehr gänzlich.

Aeußerliche Anzeichen derselben sind die weißlichen Stellen an der jungen Stengelrinde in den ersten Tagen des Juni, wenn die neuen Nadeln kaum mit ihren Spitzen aus den Scheiden herausgetreten sind. Die weißen, später goldgelb werdenden Stellen zeigen kleine kegelförmige Erhebungen der Cuticula. Diese erweisen sich als die Mündungen der Spermogonien, welche aus den nach der Spitze convergirenden Mycelästen bestehen, die sich zwischen den Zellen der Epidermis durchgedrängt und zwischen Epidermis und Cuticula sich zu dem Spermatien erzeugenden Organe vereinigt haben.

Bald nach der Spermogonienbildung schickt sich das reichverzweigte, septirte, durch gelbe Tröpfchen gefärbte Mycel, das mit kurz-keuligen Haustorien auch in die Zellen eindringt, zur Fruchtbecherbildung an.

Die Anlage der Aecidiumfrucht[1]) erfolgt 2—4 Zellschichten unter der Epidermis im Gewebe der Nadel, indem sich aus dem dichten Mycellager senkrechte, eng an einander stehende, keulige Myceläste als Sporenträger oder Basidien erheben, von denen jeder eine Kette von etwa 20 Sporen trägt. Durch die Neubildung und Vergrößerung der Sporen, die nicht wesentlich von den auf anderen Coniferen wohnenden Aecidien abweichen, wird endlich die Oberhaut der Nährpflanze gesprengt und ein orangefarbiges trocknes Pulver gebildet, nachdem der die Sporen im jugendlichen Zustande einhüllende Schleim vertrocknet ist.

Nach dem Verstäuben der Sporen, deren Keimung[2]) und weitere Entwicklung noch unbekannt, stirbt das Zellgewebe der Nährpflanze so weit ab, als das ebenfalls zu Grunde gehende Mycel in demselben gewuchert hat. Eine junge Pflanze kann bei reichlicher Erkrankung dadurch den Tod erleiden. Bei älteren Pflanzen sterben nur die einzelnen befallenen Triebe ab und werden durch außergewöhnlich gebildete Triebe ersetzt. Tritt die Zerstörung des Gewebes nur einseitig an einem Triebe auf, so entstehen dadurch Verdrehungen und Verkrümmungen des kranken Zweiges, wodurch der Rost seinen deutschen Namen erhalten hat.

Auch hier müssen wir erst die vollkommene Entwicklung des Schmarotzers kennen lernen, bevor wir ein Mittel zur Verhinderung der Krankheit mit Erfolg suchen können. Durch eine andere Caeoma (C. Laricis, R. Hart.) leiden auch

1) Jetzt, nachdem von R. Hartig die Spermogonienform unmittelbar über der bisher allein bekannten Cäomafruktifikation aufgefunden, glaube ich mit Magnus (siehe Eidam l. c. p. 78) die Cäomaform für eine dem Aecidium und nicht dem Uredo entsprechende Form ansehen zu müssen. Cäoma ist eine Aecidiumform ohne Peridie. Die jungen Sporenreihen haben Zwischenstücke. R. Hartig in bot. Zeit. 1873. S. 356.

2) R. Hartig sah einmal Anfang Juni eine gekeimte Cäomaspore. (Zeitschr. f. F. u. Jagdwesen v. Dankelmann 1871. Heft I.)

die Nadeln der Lärche; der Parasit erscheint Mitte Mai in zahlreichen Spermogonien neben den Aecidienbecherchen [1]).

Unter den unvollkommen bekannten Rostarten ist auch noch eine Gattung zu erwähnen, von der eine Art sich durch den Schaden auszeichnet, den sie den Leinkulturen bereits hier und da verursacht hat. Diese Rostgattung heißt Melampsora Cast. Sie ist dadurch charakterisirt, daß die Teleutosporen, welche den gelbrothen Uredosporen folgen, nicht mehr einzeln stehen, sondern zu einem festen Lager unter einander verschmolzen sind, das der Nährpflanze flach aufliegt und sich eigentlich erst ausbildet, wenn diese schon abgestorben ist. Spermogonien und Aecidienform sind bis jetzt nicht aufgefunden worden; dagegen erscheint das Lager der stacheligen Uredosporen mit einer vollständigen Peridie umkleidet. Die gefährlichste Art ist Melampsora lini Desm., welche auf Stengeln und Blättern des Lein's (Linum usitatissimum L.) schmarotzt und bei uns im Ganzen noch seltener aufgetreten ist, dagegen in Westeuropa schon bedeutenden Schaden angerichtet hat, indem sie die Bastfasern brüchig macht. Dieser Rost ist es auch unzweifelhaft, der eine so bedenkliche Ausdehnung in den Flachskulturen Belgiens gewonnen hat und dort unter dem Namen „le feu“ oder „la brûlure du lin“ bekannt ist.

Um einen Maaßstab für den Ausfall zu geben, welcher durch diese Krankheit hervorgerufen worden, sei eine Notiz aus dem Journal d. l. soc. d'agric. de Belgique gegeben. In einem einzigen Cantone (Celles) wurden von 4000 Morgen Flachsland ca. 1000 Morgen von der Krankheit ergriffen und ein Schaden von 20,000 Thalern hervorgerufen [2]). Auch unsere Gegenden sind keineswegs von der Krankheit gänzlich verschont geblieben und es ist auch bei uns um so mehr Vorsicht geboten, als der Feind häufig auf einer unserer wilden Pflanzen, auf Linum catharticum L., anzutreffen ist. Obgleich hier sämmtliche Sporen kleiner als auf dem Flachs erscheinen und man daraus eine Varietät M. l. minor Fuck. gemacht hat, so ist doch kaum zu bezweifeln, daß dieser Größenunterschied nur durch die Nährpflanze bedingt ist und wir es in beiden Fällen mit demselben Schmarotzer zu thun haben, der sich von den wilden Pflanzen auf das cultivirte Linum usit. übertragen läßt [3]).

Die übrigen Arten der Gattung Melampsora haben bisher eine geringere Beachtung gefunden. Sie bilden theilweise die Roste auf Kätzchenträgern, wie z. B. Melampsora populina Lév. auf Schwarz- und Weißpappeln; M. betulina Desm. auf Birken, M. salicina Lév. auf verschiedenen Weidenarten. Letztere Art ist in neuester Zeit einem eingehenderen Studium von R. Hartig unterworfen worden.

1) R. Hartig: Vorläufige Mittheilungen über Parasiten der Waldbäume. Bot. Zeit. 1873. Nr. 23.

2) cit. in den Annalen d. Landwirthsch. 1869. Nr. 44.

3) Nach Körnicke (cit. in Mycol. Ber. d. Bot. Z. 1866 S. 229) variirt auch bei Pucc. coronata die Größe der Sporen nach der Nährpflanze.

Nach dessen mir freundlichst zur Benutzung für diese Arbeit gesendeten brieflichen Mittheilungen ist der Weidenrost stellenweise verheerend. So fand Hartig Weidenhege von Salix acutifolia (caspica) völlig durch den Pilz getödtet. Meist Anfang Juli erscheinen auf den Pflanzen die gelben Uredosporen, die durch ihr Verstäuben die Krankheit alsbald weiter verbreiten. Die befallenen Blätter sterben ab, vertrocknen schon am Zweige und schwärzen sich. Wenn man gesunde Blätter mit dem Sporenpulver bestreicht, so findet sich ausnahmslos binnen 8—10 Tagen die Krankheit. Erst bei den schon abgefallenen Blättern bildet sich die Teleutosporenform aus, deren Dauersporen im Frühjahre bei feuchter Lage keimen und auf dem Promycelium die Sporidien entwickeln. Nach R. Hartig erzeugen diese Knospenorgane im Frühjahre von Neuem die Krankheit auf den jungen Weidenblättern.

An die Gattung Melampsora schließen sich dadurch, daß die Teleutosporen zu einem festen Lager vereinigt sind, noch zwei eigenthümliche Gattungen an, von denen die eine, Cronartium Fr. mit braunen Uredosporen und weißen Sporidien ihre Teleutosporen zu einer aufsteigenden Säule vereinigt hat. Diese Wintersporen treten aus der Spitze einer langen Peridie heraus, welche schon die Uredosporen umgiebt. Die ziemlich seltene Gattung war bisher vorzugsweise auf wilden Pflanzen (Vincetoxicum offic. Mnch. und Gentiana asclepiadea) gefunden worden. In neuerer Zeit immer häufiger tritt neben dieser ersten Art, Cronartium asclepiadeum Fr., noch eine zweite, Cron. Ribis (Cr. ribicola) auf Johannisbeeren (Ribes aureum) auf. Auf Blättern und Früchten von Johannis- und Stachelbeeren ist ein Aecidium (Aec. Grossulariae DC.) schon lange bekannt.

Die zweite Gattung, von welcher bis jetzt nur die Teleutosporen bekannt sind, heißt Calyptospora mit der einzigen Art Göppertiana Kühn. (Fusidium tumescens Fuck.). Der Pilz macht schwammige Auftreibungen des Stengels, bisweilen auch der Blattstiele und Blätter bei der Preißelbeere (Vaccinium Vitis Idaea L.). Die unregelmäßig ellipsoidisch-prismatischen, dunkelbraunen, durch kreuzweise Theilung meist vierkammerigen Sporen sitzen im Inneren der Oberhautzellen; jede ihrer Abtheilungen entwickelt nach Kühn ein Promycel mit 4 weißen Sporidien.

§. 4. Basidiomyceten. s. str. A. Hymenomyceten.

Von den Basidiomyceten im engeren Sinne ist es vorzugsweise die Familie der Hymenomyceten, in welcher einige sicher constatirte Beispiele von Parasitismus sich vorfinden. Zu den Hymenomyceten, also denjenigen Pilzen, deren Sporen tragende Basidien in dichter zusammenhängender Schicht (Hymenium) den holzigen, fleischigen oder lederartigen Fruchtträger überkleiden, gehören die Keulen-, Blätter- und Löcherpilze. Die meisten derselben begnügen sich mit einer in so hochgradiger Zersetzung begriffenen Pflanzensubstanz, daß wir dieselben als Humusbewohner ansehen. Manche Spezies jedoch bedürfen eines noch in den ersten Stadien der Verwesung befindlichen Pflanzengewebes, ja haben bisweilen sogar das gesunde Ge-

webe zur Ernährung ihres Mycels nothwendig. Dies sind dann die echten Schmarotzer, von denen nach den bisherigen Untersuchungen in erster Linie ein Pilz zu nennen ist, der ein Bindeglied zwischen den Hypodermii und den Hutpilzen darstellt. Dieser Parasit Exobasidium Vaccinii Wor. (Fusidium Vacc. Fuck.)[1]) ist die Ursache der Schwammkrankheit der Heidelbeere (Vaccinium Myrtillus L.) und der Preißelbeere (Vacc. Vitis idaea L.).

I. Schwammkrankheit der Heidel- und Preißelbeeren.

Nach Woronin[2]) befällt die Krankheit Blätter, Stengel und Blüthen und zwar um so häufiger, je feuchter der Boden ist. Die erkrankten Stellen schwellen ganz bedeutend an und dehnen sich häufig auf das ganze Blatt aus, welches auf der Oberseite leuchtend carminroth wird, anfangs seine glatte, glänzende Oberfläche behält, später aber unterseits mit einem glanzlosen weißen oder gelblichen Ueberzuge bedeckt erscheint. Endlich treten auf der Oberfläche der degenerirten Organe dunkelgelbe oder braune Flecken auf, womit eine gänzliche Verschrumpfung beginnt und der Tod eingeleitet wird.

Im krankhaft veränderten Blatte sieht man zwischen den weiten, farblosen Parenchymzellen und stellenweise sogar innerhalb derselben ein Mycel aus sehr feinen ungefärbten Fäden, die verzweigt und mit Querwänden versehen sind und sich um so üppiger entwickeln, je näher sie der Epidermis liegen. Von den Mycelfäden erheben sich dicke, keulenförmige, mit farblosem Plasma erfüllte Zweige, die bis zur Cuticula gelangen, dieselbe allmählig in die Höhe heben und endlich unregelmäßig zerreißen.

Diese Aeste bilden die Fruchtschicht, das Hymenium, und sind als die Sporen bildenden Basidien aufzufassen. An ihrer Spitze nämlich erscheinen 4—5 pfriemenförmige, sehr kurze feine Zweige (Sterigmen), deren angeschwollenes freies Ende zur Spore wird.

Die reifen Sporen sind spindelförmig, an beiden Enden zugespitzt, bisweilen oben abgerundet und dabei mit einem leichten einseitigen Kniegelenke versehen. Ihre farblose Membran zeigt keine Cellulosereaktion: sie sind ursprünglich 1—2 fächerig, werden aber bei der Keimung 3—5 fächerig und auf diese Weise der Fadenpilzgattung Fusidium ähnlich. Die Keimung erfolgt in kurzer Zeit, und dabei schnüren sich die Keimschläuche entweder als einzellige Gebilde oder nachdem sie sich zu verzweigten gegliederten Fäden entwickelt haben, ab. Derartige Sprossungen wiederholen sich nun mehrere Generationen hindurch. Auf die allerjüngsten gesunden Blätter ausgesäet, treibt die Mehrzahl der Sporen schon nach 24 Stunden Keimschläuche, die sich aber nicht abgliedern, sondern in das Blattinnere und zwar vorzugsweise auf der Unterseite durch die feste Zellwand oder durch die Spaltöffnungen

1) Bot. Zeit. 1861. S. 251.

2) Naturf. Gesellsch. z. Freiburg. Bd. IV. Heft IV. 1867.

einwandern. Acht bis zehn Tage nach der Infektion ist das besäete Blatt bereits angeschwollen und nach 14 Tagen erscheinen schon die neuen Sporen.

Nach der beschriebenen Sporenbildung wird das Exobasidium von Woronin zu den Hymenomyceten gerechnet [1]). Während die übrigen Gattungen aber bestimmt ausgebildete Fruchtträger haben, wie z. B. bei den Hutpilzen die Hüte, die auf der Unterseite die Fruchtschicht entwickeln, entspringt hier die Fruchtschicht direkt aus dem Mycel, ein Fall, der sich auch bei einer Schlauchpilzgattung (Exoascus) wiederholt.

II. Erdkrebs, Harzsticken, Agaricus melleus.

Zwar noch nicht durch Impfversuche erwiesen ist der Parasitismus hochentwickelter Basidiomyceten; dennoch aber können wir mit voller Zuversicht aussprechen, daß eine größere Anzahl von Hutpilzen, Keulen- und Löcherpilzen durch ihr Mycel, das häufig in ganz merkwürdigen Formen ausgebildet ist, Krankheitserreger der Kulturpflanzen werden können. Nicht selten ist nur das primäre Mycel im Pflanzentheile anzutreffen und dort parasitisch; später geht dasselbe in verschieden ausgebildete Dauerzustände über (Dauermycelien), die nicht weiter einer Nährpflanze bedürfen, sondern mit Hülfe der bereits gespeicherten Nährstoffe vollständig frei den Fruchtkörper entwickeln.

Als einen durch sein Mycel als Krankheitserreger auftretenden Hutpilz führen wir nach R. Hartig [2]) den Agaricus (Armillaria) melleus, einen weißsporigen, häufigen Blätterpilz mit einem am Stiel festgewachsenen Ringe an. Nach den Notizen des obenerwähnten Beobachters ist dieser Pilz, der an der gewöhnlichen und Weymouthskiefer, an Fichte, Tanne und Lärche, sowie an Kirschen, Ebereschen, Weißdorn, Birke und Buche beobachtet worden, die Ursache einer Krankheit, welche den Namen „Erdkrebs“, „Wurzelfäule“ führt und bei den Nadelhölzern mit Ausnahme der Weißtanne von reichem Harzergusse begleitet ist. Daher der Name „Harzsticken“, „Harzüberfülle“ für diese Krankheit. Der Harzerguß zeigt sich am Wurzelhalse unter der aufgebrochenen Rinde. Dadurch entsteht an der Stammbasis eine Anschwellung, die durch das Harz und die Rindenschuppen, sowie die reichlich mit eingekittete Erde der nächsten Umgebung gebildet wird. Bei Kiefern, an denen ich die Krankheit vielfach zu beobachten Gelegenheit hatte, zeigten sich sehr häufig zwischen den Borkenschuppen große, schwarzgrüne Polster von Trichoderma viride, der Knospenform eines Schlauchpilzes. Diese Polster bildeten sich auch unmittelbar auf abgeschnittenen kranken Wurzelästen, die in feuchter Atmosphäre kultivirt wurden.

Wenn man die Rinde an der Stammbasis erkrankter Stämme ablöst, findet man ein reichliches weißes Mycel zwischen derselben und dem Holzkörper, das sich

1) Karsten dagegen hält die bisher bekannte Sporenbildung für einen Conidienzustand, der die erste Entwicklungsstufe eines zusammengesetzteren Pilzes darstellt. (Siehe Hallier's Zeitschrift f. Parasitenkunde 1869. S. 67.)

2) Bot. Zeit. 1873. Nr. 19. S. 295.

abwärts in die stärkeren Wurzeläste hinein mit Leichtigkeit verfolgen läßt und dort als weiße, oft den ganzen Wurzelumfang einnehmende Haut zwischen Rinde und Holz auftritt. R. Hartig erwähnt nun weiter, daß er dieses Mycel direkt in braune, hartwandige, runde Pilzstränge von charakteristischem Baue (Rhizomorpha) übergehen sah, welche z. Th. die Wurzel äußerlich umklammern, theilweis zwischen den Rindenschichten in abgeplatteter Form hinlaufen und sich von der erkrankten Pflanze durch die Erde fußweit auf andere spinnen. Ich kann diese Beobachtung bestätigen. Die Fruchtträger dieses Pilzes stellen den Agar. melleus dar; sie sitzen nach Hartig meist auf sehr kurzen Aesten des flächenförmig ausgebreiteten Mycels; in vielen Fällen jedoch auch direkt auf den rundlichen Rhizomorphensträngen. Aeltere Stämme von Kiefern und Weymouthskiefern zeigen nur die Entwicklung des Agaricus an Rhizomorphensträngen in geringer Entfernung vom Stamme, vermuthlich weil auf der kranken Pflanze selbst die Rinde zu dick ist, um die Entwicklung der Fruchtträger am Wurzelstocke zuzulassen. Die Krankheit ist ansteckend; die befallenen Stöcke sind auszuroden.

Von besonderer Bedeutung ist die Angabe Hartig's, daß der Agaricus melleus[1]) ein Fruchtkörper von Rhizomorpha sei. Unter Rhizomorphen nämlich versteht man Mycelstränge, welche dem äußeren Ansehen nach große Aehnlichkeit mit alten Wurzelzweigen von Holzpflanzen haben. Bisweilen sind diese Stränge nur borstendick mit glatter, glänzender Oberfläche[2]); sie bestehen aus parallelen, fest verbundenen Fäden, von denen die den Rand bildenden mit derber brauner, die inneren mit zarter, farbloser Membran versehen sind. Diese Bildungen stellen die Rhizomorpha setiformis Pers. (Ceratonema hippotrichoides Pers.) dar und gelten nach den Beobachtungen von Fries als das Mycel von Agaricus androsaceus und Rotula.

Häufiger ist Rhizomorpha fragilis Roth, welche viel dickere, reich verzweigte, oft netzförmige, dunkelbraune Stränge bildet, die in lockerer Erde eine cylindrische Gestalt und bisweilen 3 Mm. Dicke haben (Rhiz. subterranea P.) oder, wenn sie zwischen festen Holzlagen oder engen Gesteinspalten wachsen, breit bandartig werden (Rhiz. subcorticalis). Ueber die Fruchtkörper dieser Rhizomorphen herrschen die verschiedensten Ansichten. Ein Theil der Beobachter beschreibt Schlauchgehäuse (Perithecien) als dazugehörige Fruchtform und sieht die Rhizomorphen als ein Ascomycetengeschlecht an; dagegen sprechen andere Beobachter, welche die für Frucht-

1) Der obenerwähnte Agaricus melleus ist noch in anderer Beziehung von ganz besonderer Bedeutung. Nach de Bary („Zur Kenntniß einiger Agaricinen". Bot. Zeit. 1859. Nr. 48) entwickelt der Pilz nämlich nach vollendeter Ausbildung der gewöhnlichen Agaricussporen von den Gewebstheilen seiner Lamellen noch eine zweite Fruchtform in Gestalt viersporiger Schläuche. Die Angabe ist, soviel mir bekannt, bis jetzt weder zurückgenommen, noch von anderer Seite widerlegt, und wir hätten hier also einen typischen Basidiomyceten vor uns, der den Uebergang zu den Ascomyceten darstellen würde.

2) de Bary: Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten. 1866. S. 22 u. ff.

körper angesehenen Gebilde für Zweigrudimente erklären oder auch für Gallen halten, die durch Insekten hervorgebracht werden. Von mehreren andern Seiten sah man Gebilde wie die Rhizomorphenstränge zu festen elastischen, lederfarbigen, innen weißen, dicken Lappen (Xylostroma) sich vereinigen und aus diesen verschiedene hochentwickelte Pilze hervorgehen, wie z. B. Polyporus cuticularis Bull. und Polyp. alneus P., Agaricus ostreatus Jaqu. Auch bei der oben beschriebenen Krankheit sah ich das die Wurzeln als weißen Filz überziehende Mycel zu festen, harten, schwarz berindeten, innen weißen Massen von bald flach gedrückter, bald gewölbter Gestalt zusammentreten. Diese Massen hatten nicht den anatomischen Bau der Rhizomorpha, sondern den eines Sclerotium, das, wie später erwähnt werden wird, eine andere Form von Mycelien darstellt; Sclerotien sind dazu bestimmt, den bisweilen schon mit Fruchtanlagen versehenen Pilz, zu welchem sie gehören, durch eine ungünstige Witterungsepoche hindurch lebend zu erhalten. Während das lockere Geflecht zu Grunde geht, überdauert der aus verkitteten Hyphen gebildete, berindete harte Körper den Winter und trägt im nächsten Jahre die Früchte. Unter den Früchten, welche aus solchen Sclerotien oder Dauermycelien hervorgehen, befinden sich sehr viele Hymenomyceten.

Aus der Aufzählung, welche de Bary (Morphologie und Phys. d. P. S. 29) giebt, ist hier Typhula erythropus zu erwähnen, die aus einem Dauermycel hervorgeht, welches früher als selbstständige Gattung den Namen Sclerotium crustuliforme Desm. führte und an den Blattstielen und Rippen verschiedener Pflanzen, besonders von Erlen und Pappeln vorkommt. Denselben Standort hat Typhula gyrans. Eine andere Typhula (T. Euphorbiae) kommt aus einem Sclerotium auf Wolfsmilch. Typhula variabilis kommt aus Sclerotium Semen T. und Sclerotium vulgatum Fr. Das Sclerotium Semen ist neuerdings von Cohn im Inneren von Lupinenstengeln gefunden worden. Eine andere Gattung keulenförmiger Hutpilze ist Pistillaria, deren erstgebildetes fädiges Mycel wahrscheinlich auf lebenden Blättern schmarotzt. Bestimmt ist dies der Fall mit Pistillaria maculicola Fkl. auf der Unterseite noch lebender Blätter der Zitterpappel.

Auch Pistillarien entwickeln Dauermycelien, wie Pistillaria micans Pers. (aus Sclerotium laetum Ehrh.), das im Frühjahr auf faulen Stengeln größerer Kräuter erscheint. Der Gattung Pistillaria schließt sich Clavaria an. Am häufigsten sind bis jetzt Blätterpilze aus Dauermycelien hervorgehend beobachtet worden; so Agaricus arvalis aus Sclerotium vaporarium, Ag. racemosus P. aus Sclerotium lacunosum, Ag. tuberosus Bull. aus Sclerot. cornutum, Ag. grossus Lév., Ag. fusipes Bull., Ag. cirrhatus aus Sclerot. truncorum Fr., Agar. Sclerotii Kühn aus einem auf Rüben wachsenden Sclerotium u. s. w.

Diese Sclerotien haben weder im Aeußeren, noch in ihrem anatomischen Baue irgend welche Aehnlichkeit mit den später aus ihnen sich entwickelnden Fruchtkörpern und es ist daher höchst wahrscheinlich, daß auch die Rhizomorphastränge eine eigenthümliche Mycelform von hochentwickelten Pilzen darstellen. Die von R. Hartig

veröffentlichte obenerwähnte Beobachtung an Agaricus melleus, welche diese Ansicht bestätigt, findet eine weitere Stütze durch die Bemerkungen von Fuckel[1]). Die Angaben dieses Mycologen fallen darum besonders in's Gewicht, weil derselbe früher durch seine Beobachtungen zu dem Schlusse geführt worden war, daß die Gattung Rhizomorpha ein eigenes Geschlecht der Kernpilze darstelle[2]). Jetzt hat sich zunächst Fuckel überzeugt, daß seine früher beschriebene Rhizomorpha adnata, an welcher er eine Kernfrucht entdeckte, verschieden ist von der vorzugsweise als Rhizomorpha ausgesprochenen Rh. subcorticalis und eigentlich einer andern Gattung beizuzählen ist. Für die Ansicht, daß Rhiz. subcorticalis das Mycel eines Hutpilzes sei, spricht die Entdeckung eines Hutpilzes (Nyctalis Rhizomorpha Fuck.), dessen Mycel sich mehrere Fuß tief in den sehr verfaulten Stumpf einer Erle hinein verfolgen ließ. Das Mycel bildet bis 2 Mm. dicke, stielrunde oder zusammengedrückte, wenig verästelte weiße Stränge. Der Querschnitt der Stränge zeigt eine verschieden dicke, schwammige, weiße, fest anliegende, mit Kalkkrystallen bedeckte Rinde und einen hornartig durchscheinenden dicken, außerordentlich zähen Markkörper. Bau und Consistenz dieses Mycels ähneln, wie kein anderes bisher bekanntes, den Strängen der Rhizomorpha subcorticalis, so daß der Schluß auf eine enge Verwandtschaft sehr nahe gelegt wird.

III. Die Fäulnißerscheinungen der Baumstämme. (Rothfäule, Weißfäule.)

So wie die braunen Rhizomorphenstränge viele Fuß lang die abgestorbenen älteren Holzkörper kranker Bäume durchziehen, ebenso finden wir die sehr verschiedenartig gebaueten Mycelien anderer Pilze, deren Fruchtkörper bald als Blätter-, bald als Löcherpilze im Laufe des Jahres an den Stämmen erscheinen, die Zerstörung des Holzkörpers begünstigend. Ob viele derselben nicht sogar, ähnlich dem obenerwähnten Agaricus melleus, die Ursache von Baumkrankheiten sind, ist eine Frage, deren Bejahung höchst wahrscheinlich ist. So, wie die Sporen bekannter Parasiten gesunde Getreidepflanzen krank machen können, wenn sie passende Keimungsbedingungen finden, können mit gleicher Wahrscheinlichkeit die reifen Sporen großer baumbewohnender Löcherpilze auf gesunde Bäume geweht werden und dort keimen. Ob sie auf solchen Bäumen sich weiter entwickeln oder Exemplare nöthig haben, welche durch ungünstige Vegetationsbedingungen oder hohes Alter schon in einen kränkelnden Zustand versetzt worden sind, ist erst in zweiter Linie zu erörtern. Jahre hindurch kann das sterile Mycel den Holzkörper der noch vegetirenden Stämme durchspinnen, ohne daß äußere Anzeichen den Zerstörungsprozeß verrathen und erst, wenn der Baum gefällt wird, zeigt sich das Kernholz durch die „Fäule" vernichtet.

Diese von einzelnen Mycologen getheilte Vermuthung ist der Grund, weßwegen

1) Symbolae mycologicae. Nachtrag II. 1873. S. 87.

2) Bot. Zeit. 1870. S. 107 und Symb. myc. S. 257.

wir die in ihren Einzelheiten noch wenig erkannten Fäulnißerscheinungen des Holzkörpers der Bäume an dieser Stelle besprechen. Es ist dabei nicht ausgeschlossen, daß vielleicht nur in einigen Fällen das Mycel von Hymenomyceten die Ursache der Erkrankung abgiebt; es ist sogar höchst wahrscheinlich, daß auch Ascomyceten durch ihr Mycel Fäulnißerscheinungen an Bäumen hervorrufen können und daß endlich solche auch durch Ernährungsstörungen ohne Mitwirkung von Pilzen bedingt werden mögen. Bei der ungenügenden Kenntniß dieser Krankheiten aber heben wir nur diejenige Ursache hervor, welche für uns die größte Wahrscheinlichkeit hat. Zur weiteren Begründung der Ansicht, daß wahrscheinlich ein großer Theil der Krankheiten, die mit dem Namen „Fäule“ bezeichnet werden, durch die Vegetation von Blätter-, Löcher- und Keulenpilzen hervorgerufen wird, führen wir zunächst einige Untersuchungen über die Zerstörungserscheinungen des im gesunden Zustande gefällten, verarbeiteten Holzes an.

In erster Linie steht hier die Zerstörung der Balken in Gebäuden. Hier ist die Ursache unzweifelhaft bekannt; sie besteht in der Vegetation eines Löcherpilzes, des Hausschwammes (Merulius lacrymans Schum.), dessen weißes steriles Mycel zwar nicht den ganzen Balken dicht durchspinnt, aber dennoch die Fähigkeit besitzt, den Holzkörper durch und durch in eine mürbe, bröckelige Masse zu verwandeln.

Schacht[1]) beobachtete den Pilz sowohl als steriles Mycelgeflecht, als auch im fruktifizirenden Zustande. Seine feuchten Fruchtpolster lassen sich ihrer Gestalt nach am besten mit einer Reliefkarte vulkanischer Inseln vergleichen, indem sie, sich allmählig erhebend, am Rande flach verlaufen und, bei größerer Ausdehnung an mehreren Orten, bei kleineren Polstern dagegen in der Mitte derselben eine kraterförmige Einsenkung bilden, welche von mehreren concentrischen, erhabenen Kreisen wallartig umgeben ist. Außerdem zeigen sich über die ganze Fläche unregelmäßige netzartige Hervorragungen. Die Oberfläche des oft 3 Cm. hohen Fruchtpolsters ist durch zahllose kaffeebraune Sporen gefärbt, weich, schwammig, sehr feucht und bisweilen klebrig. Das darunter liegende Holz ist gleichfalls feucht, von der Flüssigkeit des Pilzes durchtränkt. Wahrscheinlich durch die lösende Wirkung dieser Flüssigkeit wird das Holz mürbe, schwindet bei dem Austrocknen, erscheint alsdann dunkler gefärbt und oft zusammengeschrumpft. Das von Merulius lacrym. zerstörte Holz ist nach dem Austrocknen sehr leicht, zeigt aber keine Löcher. Da, wo nur das sterile Mycel des Pilzes die Oberfläche eines Balkens überzogen, finden sich in der Regel nur vereinzelte, farblose Pilzfäden im Inneren des Holzkörpers, dessen Zellen braun oder gelb gefärbt und dünnwandig geworden sind. Im Frühlingsholze der Jahresringe findet man die Zellwände außerdem manchmal verbogen; sonst aber zeigt sich keine Veränderung und dennoch ist der Holzkörper ein ganz

1) Ueber die Veränderungen durch Pilze in abgestorbenen Pflanzenzellen in Pringsheim's Jahrbüchern f. wiss. Bot. Bd. III. S. 461.

anderer geworden. Chlorzinkjodlösung färbt das vom Hausschwamm mürbe gemachte Holz braunroth bis hellkirschroth; eine vorhergehende Behandlung mit kochender Kalilauge oder Salpetersäure und chlorsaurem Kali ändert das Verhalten zu Chlorzinkjod nicht; ebensowenig wird danach eine Blaufärbung mit Jod und Schwefelsäure ermöglicht, oder die blaue Farbe tritt doch nur sehr schwach ein. Schacht hält die Substanz der durch den Pilz veränderten Zellwände für verwandt mit dem Dextrin. Die Fehling'sche Kupferlösung wird dadurch reduzirt. Kupferoxydammoniak löst hier die Zellen nicht, was bei anderen, von Pilzen verletzten Zellen der Fall ist.

Es liegt nicht mehr in der Richtung dieser Arbeit, die Mittel zu besprechen, welche gegen den Hausschwamm empfohlen worden sind. Im Allgemeinen läßt sich aber hervorheben, daß nach Anwendung pilztödtender Stoffe der sicherste Schutz in der Einrichtung einer Ventilation zwischen den Balkenlagen zu finden sein wird.

Das Mittel, sowie die Art der Holzzerstörung beziehen sich nur eben auf den Hausschwamm und ändern sich bei andern Fäulnißerscheinungen.

Manche Pilze durchbohren die Zellwandungen und lösen einen Theil der Verdickungsschichten auf; andere bedingen sogar eine vollständige Auflösung ganzer Zellen und Zellpartien im Holzkörper.

Beispiele derart sah Schacht bei Eichenholz von einem Schiffe, das vom „Feuer, Trockenfäule oder Dry-rot“ befallen war. Das Holz sah aus, als ob es wurmstichig wäre; so sehr war es nach allen Richtungen hin durchlöchert, ohne jedoch eine Spur Wurmmehl zu zeigen. Es fanden sich nur feine Pilzhäutchen als Auskleidung der Löcher; ebenso waren die Holzzellen nebst den Markstrahlzellen und Gefäßen großentheils mit Mycelfäden erfüllt. An einzelnen Stellen, wo die Pilzfäden noch direkt in der Wandung stecken, bemerkt man eine allmählige Abnahme der Verdickungsschichten, welche von einer Corrosion der Wände durch die Pilzfäden begleitet ist; endlich bleibt nur noch ein ganz zartes Skelett zurück, welches, wie es scheint, erst später mit dem Mycel zugleich verschwindet. Namentlich beobachtet man das Schwinden der Gewebe in den großen Markstrahlen, von wo aus die Zerstörung durch die Pilzfäden auch die festeren Elemente angreift.

Die nicht aufgelösten Zellen sind braun und mürbe. Auch hier bei dem Dry-rot ist die Ursache ein Löcherpilz, Polyporus hybridus; wenigstens wird dies für die Trockenfäule an Eichenholz von Berkeley[1]) angegeben, während die Zerstörung an Schiffen von Kiefernholz vom Hausschwamm herrühren soll.

Ein anderer Löcherpilz (Polyporus Xylostromatis Fuck.), dessen jugendliches Mycel in dem noch harten dürren Holze der Eiche und Birke wabenartige Löcher verursacht, ist von Fuckel[2]) entdeckt worden. Spätere Zustände dieses Mycels bilden dünne, fest anliegende, oberseits glänzendbraune, unterseits weiße, lockere, leder-

---

1) Outlines cit. in Mykolog. Ber. v. Hoffmann in Bot. Zeit. 1862. S. 179.
2) Symbolae myc. Nachtrag II. 1873. S. 86.

artige, lappige, die Höhlungen des Holzes auskleidende Massen, die das **Xylostroma Corium Rabh.** darstellen. Hölzer, welche von diesem Pilze ausgehöhlt werden, bezeichnen die Arbeiter als „bienrissig“.

Die verbreitetste Fäulnißerscheinung der Stämme ist unter dem Namen der Roth- und Weißfäule bekannt. Unter Rothfäule (Stockfäule) verstehen wir eine Zersetzung des Holzes, wodurch der Holzkörper eine rothbraune Farbe annimmt, dabei an Härte, Gewicht und Zusammenhang bedeutend verliert, reichlich Wasser aufsaugt und zuletzt in eine leicht zerreibliche, speckige oder pulverförmige Masse zerfällt.

Sind die Zersetzungsprodukte des Holzkörpers von weißer Farbe, so stellen sie die Weißfäule dar, die wohl nur bei Laubhölzern vorkommt. Unter diesen zeigen die Birken bisweilen die jüngeren Holzschichten dunkelspangrün; in diesem Falle spricht man von Grünfäule.

Der Eintritt der Fäule ist bei alten Stämmen eine regelmäßig auftretende, vielleicht sogar normale Erscheinung; bei jungen Bäumen dagegen ist sie eine wirkliche Krankheit. Letzterer Fall kommt hier nur in Betracht. Nach Willkomm[1]), dem wir neuere Veröffentlichungen darüber verdanken, zeigt sich die Krankheit bei Eiche, Rothbuche, ächter Kastanie, Wallnußbaum, Hornbaum, Rüster, Maulbeerbaum, Birke, Aspe, Erle, Weide, Esche, Flieder, Eberesche, Birn- und Apfelbaum, bei Süß- und Sauerkirsche, Pflaume, Kreuzdorn, Robinie, Linde, Fichte, Tanne, Kiefer und Lärche. Der Baum stirbt nicht sofort, da zwar die älteren Holzschichten zerstört werden, aber Rinde und Splint unverändert bleiben. Demgemäß vegetiren rothfaule Bäume, z. B. Fichten, lange Zeit hindurch weiter, ohne daß äußerlich ein bestimmtes Anzeichen der innern Erkrankung wahrnehmbar wäre. Die eigenthümlich bauchigen Auftreibungen, die am Grunde des Stammes bei sehr entwickelter Stockfäule der Fichten entstehen, rühren häufig auch von Maserbildung her, so daß hierin kein charakteristisches Merkmal zu sehen ist, wie manche Praktiker glauben. In der Regel gewahrt man die Ausdehnung der Krankheit in einem Bestande erst deutlich nach einem Sturme, da die rothfaulen Stämme ganz besonders von Windbruch leiden.

Der Entstehungsheerd der Krankheit ist verschieden, und je nachdem derselbe im Stamme oder der Wurzel sich zeigt, unterscheidet man eine Stammfäule von der Wurzelfäule; ebenso verschieden ist das Alter der Erkrankung. Sowohl Bäume, als auch Stangen- und Junghölzer zeigen sich ergriffen. Willkomm sah 10—15-jährige Fichten bereits erkrankt und zwar von der Wurzel aus, wie dies bei Fichten Regel zu sein scheint, wenn man nämlich nur die äußerlich unverletzten Exemplare und nicht solche in Betracht zieht, welche durch Entästen, Harzscharren, Wildschaden u. s. w. gelitten haben.

Im Laufe der Zeit hat die forstliche Literatur alle nur möglichen Vermuthungen

1) Die mikroskopischen Feinde des Waldes. Dresden 1866. S. 31.

über die Ursache der Krankheit aufgestellt, die sich unter der Bezeichnung „unpassender Boden und Klima“ zusammenfassen lassen. In wie fern Boden und Klima aber unpassend sind, läßt sich aus den zahlreichen Arbeiten darum nicht bestimmen, weil ein Autor diejenigen Eigenschaften als krankheitserregende hinstellt, welche der andere als normal und krankheitsverhindernd erkannt zu haben glaubt. Ziemlich allgemein geht neben den Vermuthungen über die Ursache auch die Beobachtung durch die Berichte, daß starke äußere Beschädigungen die Rothfäule hervorrufen können. Einer Pilzvegetation gedenkt zunächst Th. Hartig, welcher den Pilz der Rothfäule Nyctomyces fuscus, den der Weißfäule Nyctomyces candidus nennt. In seiner, von Willkomm citirten Abhandlung „über die Verwandlung der polycotyledonischen Pflanzenzelle in Pilz- und Schwammgebilde und die daraus hervorgehende sogenannte Fäulniß des Holzes“ sucht Hartig die Ursache der Pilzentwicklung in der „Funktionslosigkeit innerer Organe“, die mit dem Greisenalter von selbst kommt, sonst aber auch früher durch äußere Ursachen herbeigeführt wird. Irgend welche Störung in der normalen Vegetation kann bewirken, daß die Organe der in demselben Jahre gebildeten Holzschicht nicht denjenigen Grad von Ausbildung erlangen, der für ihr Fortbestehen unbedingt nothwendig ist. Solche Jahresschicht wird mit der Zeit krank und faul. Um die kranke Jahresschicht können sich wieder gesunde Jahresringe legen, dann entsteht dadurch die Krankheit der Kernschäle oder Mondringe. Der Hohlcylinder des Stammes, der durch den kranken Jahresring entstanden, ist nun mit dem Nachtfaserpilze reichlich durchzogen, wobei die Mycelien oft lappige Häute bilden. Wunden, welche allmählig ganz überwallen, können manchmal reichlich den Pilz beherbergen. In knotigen Anschwellungen der Rinde alter Buchenstämme, am häufigsten in Stumpfen abgehauener oder abgebrochener, später überwallter Aeste, findet man[1]) eine gelbliche oder bräunliche, schwammige Masse, welche in cylindrischen, zuweilen mehrere Fuß langen Stücken das Innere des Astes bis zur Splintschicht ausfüllt und sich mehr oder weniger tief in das Holz des Stammes hineinzieht. Diese schwammige, elastische Substanz ist der schon längst als Zündmaterial bekannte, sogenannte verborgene Schwamm (verborgene Zunder), der sich im Zimmer, ja selbst im feuchten Keller jahrelang hält, dagegen auf dem Baume, durch Entfernung der Rinde bloßgelegt, in kurzer Zeit sich zu einer braunen Jauche auflöst. Diese ganze Schwammmasse besteht nach Th. Hartig aus den hier undurchsichtig-braun gefärbten Fäden des Nyctomyces utilis H., der immer nur im Inneren des Holzes vegetirt, nie freiwillig an die Oberfläche dringt und auch die Splintschicht, den Hauptnährort des Mycels von den im Lichte vegetirenden Pilzen gänzlich vermeidet.

In seiner Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen S. 134 sagt Hartig: „Roth- und Weißfäule, die nie in einander übergehen, sondern stets die Folge der Entwicklung verschiedener Nachtfaserpilze sind, die Weißfäule des Nyctomyces candidus,

1) „Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen Deutschlands.“ 1852. S. 211.

die Rothfäule des Nyctom. fuscus, zeigen sich häufiger bei Eichen, als bei anderen Holzarten. Das ist aber natürliche Folge des hohen Alters, welches man diese Pflanzen erreichen läßt."

Der zweite Forscher, welcher Pilzvegetation in roth- und weißfaulem Holze direkt beobachtet, ist Schacht[1]), der zunächst ausspricht, daß die Roth- und Weißfäule Zersetzungsweisen des bereits abgestorbenen Holzes seien. Die Rothfäule ist vielleicht nur ein späteres Stadium der Kernfäule, d. h. des Absterbens und Faulwerdens der Stämme von innen her; die Weißfäule erscheint dagegen mehr als eine Folge äußerer Verletzungen. Die Zersetzungsprodukte der Letzteren sind, wahrscheinlich schon wegen des direkten Einflusses von Licht und Atmosphäre, etwas anderer Art, als bei der Rothfäule. Pilzwucherungen begleiten, wie fast überall, auch diese Art der Fäulniß und zwar sind an den Orten des geringsten Widerstandes, in den Markstrahlen und im Frühlingsholze, die Hölzer häufig durch Pilzwucherungen gesprengt. Das weißfaule Holz der Roßkastanie wird durch Jod und Schwefelsäure, wie Zellstoff, blau gefärbt. Das rothfaule Eichenholz fand Schacht dem trockenfaulen (dry-rot) sehr ähnlich. In ersterem bildet das Mycel bisweilen 1—2 Linien breite, schneeweiße Bänder, wodurch die Holzlagen von einander gesprengt werden. Bisweilen färbt sich das anscheinend unseptirte, verzweigte Mycel durch Jodlösung hellblau; in anderen Fällen dagegen erfolgt diese Färbung weder durch Jod noch durch Jod und Schwefelsäure. Die Zellwände des mürben, leicht zerreiblichen Holzes erscheinen im Vergleich mit denen des gesunden Eichenholzes sehr schwach und braun gefärbt. Die Gefäße sind mit Mycel theilweis erfüllt, die großen Markstrahlen aber nicht zerrissen und durchlöchert; dagegen ist die Region der engen Gefäße im Holzkörper mannigfach durch den Pilz zersprengt.

Die Weißfäule wurde von Schacht an der Roßkastanie untersucht. Die Pilzfäden füllen die Gefäßzellen, das Holzparenchym und die Markstrahlzellen an, verzehren allmählig die Verdickungsschichten derselben und bahnen sich nachher Wege in den verschiedensten Richtungen durch das mürbe gewordene Holz, welches jetzt wie ein Schwamm Wasser auffaugt. Allmählig erscheinen die Zellwände ganz aufgelöst und die dadurch entstandenen Lücken durch Pilzgewebe ausgefüllt. In diesem Zustande wird häufig ein starkes Leuchten des weißfaulen Holzes beobachtet[2]). Die große Leichtigkeit des weißfaulen Holzes läßt sich aus dem Verschwinden der Ver-

---

1) Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III.

2) Th. Hartig bemerkt darüber (Bot. Zeit. 1855. S. 148), daß er der allgemeinen Annahme entgegen dafür halte, daß nicht das braune Pilzgewebe, welches das weißfaule Holz durchzieht, der leuchtende Bestandtheil sei, sondern die Holzfaser selbst. Er bemerkte nämlich, daß an den Stellen, wo reichliches Pilzgewebe an die Oberfläche des Holzes trat, das Leuchten aufhörte und daß ferner auf Querschnitten die ganze Fläche gleichmäßig leuchtete, was nicht hätte der Fall sein können, wenn das Leuchten von den sehr vereinzelten großen Holzröhren (bei Pappel), die allein mit Mycel erfüllt waren, ausgegangen wäre.

dickungsschichten erklären; die leichte Zerreiblichkeit aber weist auf eine chemische Veränderung hin, obgleich es bis jetzt nicht gelungen ist, dieselbe nachzuweisen. Die nächstliegende Vermuthung zur Erklärung der Zerreiblichkeit, daß sich nämlich die Kittsubstanz zwischen den einzelnen Zellen, die Intercellularsubstanz, gelöst habe, zeigt sich nicht bestätigt, da dieselbe meist noch erhalten ist.

Die Pilze, deren Mycel bei der Fäule zerstörend auftritt, konnte Schacht nicht bestimmen, da es ihm nie gelungen, Fruktifikationen aufzufinden. Nur einmal fand er in einer rothfaulen Fichte eine Sphaeriacea[1]).

Wenn auch, meiner Ansicht nach, keine Fruktifikation der bei der Fäule auftretenden Pilze, so doch eine Art Vermehrungsorgane, die den Knospenzuständen vergleichbar, beschreibt Willkomm in seiner obenerwähnten Arbeit. Gleichzeitig spricht er darin positiv die Behauptung aus, daß die von ihm beobachteten Pilze nicht mehr Begleitserscheinungen, sondern die Ursache der Fäule abgeben.

Die beobachteten Pilze gehören in die Familie der Fadenpilze (Hyphomyceten) und führen nach Willkomm den Namen Xenodochus ligniperda[2]) (Rothfäulepilz) und Rhynchomyces violaceus (Weißfäulepilz). Der erstere bildet im vollkommen entwickelten Zustande vielfach verzweigte, einfach contourirte, farblose oder hellbraune bis aschgraue Fäden und trägt an denselben reihenweis gestellte, schwarzbraune, runde Zellen, die wir als Knospenzellen auffassen. Diese sind nach Willkomm Sporangien, also Knospenkapseln, welche in einem gewissen Stadium der Rothfäule zur weiteren Entwicklung gelangen.

Der Pilz erscheint ihm darum als Ursache der Krankheit, weil er bei Untersuchung der ersten Stadien denselben schon in dem noch gelblich röthlichen oder auch weißen, schwärzlich gestrichelten, noch festen Holze auffindet. Man sieht dessen Mycelfäden, dicht an die Wandungen der Zellen angeschmiegt, dahin laufen, in die Tüpfelkanäle der Markstrahlzellwände ein- und durch dieselben hindurchdringen, oft die Tüpfelräume vollständig umstricken und dann von einer Holzzelle in die andere hinübergehen oder zwischen denselben sich durchdrängen. Die Ränder der Stellen, welche der Pilz durchbricht, erscheinen ausgefressen und da, wo der Pilz die Zellwandungen umstrickt hatte, färben sich die letzteren durch Chlorzinkjod blau (ohne vorherige Behandlung mit Aetzkali). In der Umgebung der Tüpfelräume erscheinen die Mycelfäden in der Regel undeutlich gegliedert, als ob sie aus an einander gereihten Bläschen beständen.

Entgegen den Beobachtungen von Schacht, der allerdings an andern Bäumen die Rothfäule untersuchte, fand Willkomm bei Kiefern- und Fichtenholz die Markstrahlen schon am Anfange der Krankheit ziemlich zerstört, während das eigentliche

1) A. a. O. Nachtrag S. 478.

2) Der Name Xenodochus ist bereits durch Schlechtendal im Jahre 1826 an einen auf den Blättern von Sanguisorba offic. vorkommenden Rostpilz vergeben worden (Linn. S. 237, cit. in Fuck. Symb. myc. 48). Vergl. auch de Bary: Monatsberichte d. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1863.

Holzgewebe noch wohl erhalten erschien. Die Intercellularsubstanz zwischen den Markstrahlzellen zeigt sich aufgelöst durch das Mycel. Die Zellwände werden allmählig rissig und endlich ganz aufgelöst. Häufig findet man in kranken Stellen kein Pilzgewebe, was darauf hindeutet, daß, wie bei **Merulius lac.**, die einmal durch den Pilz angeregte Zersetzung sich auf weitere Strecken fortpflanzt. Durch die zuerst stattfindende Zersetzung des Frühlingsholzes eines jeden Jahresringes trennt sich allmählig die ganze Holzmasse in senkrechte, mit den Grenzen der Jahresringe parallele Schichten, welche aus dem zurückgebliebenen Herbstholze bestehen; endlich werden einzelne Stellen speckig und es tritt eine gänzliche Zerfaserung und Jauchebildung ein.

In der schwarzen, pulverig-schmierigen Substanz, sowie in der ganzen naßfaulen Holzmasse zeigt sich ein weißes, flockiges Gewebe, welches alle Spalten ausfüllt und hier und da kleine Nester bildet. Die schwarzbraunen, fleckigen Schichten bestehen aus Zellen, welche mit einer stückigen, darmähnlich gewundenen Masse von orangegelber bis dunkelbrauner Farbe dicht angefüllt und deren Wandungen theilweis aufgelöst sind; es sind die Ueberreste der Markstrahlzellen, welche auch schon in den ersten Stadien der Krankheit mit jenen darmähnlich gewundenen Massen angefüllt erscheinen und sich bei der Eiche gerade so darstellen, wie bei der Fichte; sie zeigen in dem speckigen Zersetzungszustande weder die Holz- noch die Cellulosereaktion; dagegen finden sich in den schwarzen Massen weiße Flocken völlig ausgelaugter Holzzellen, die sich mit Chlorzinkjod sofort blau färben. Zwischen diesen Massen finden sich braune Xenodochusfäden, zu welchen hier und da noch zahlreiche isolirte oder reihenweis verbundene, theilweis vergrößerte oder aufgedunsene Sporangien sich gesellen.

Die weißen Nester in den schwarzen Massen bestehen aus farblosen Pilzfäden mit kolbigen Enden und oft deutlich doppelt contourirten Wänden. Sie stellen die weiße Nachtfaser (**Nyctomyces candidus Hart.**) dar, welche später bei der höchstgradigen Zersetzung des Holzkörpers große weiße Klumpen vermischt mit Sporangientrümmern des **Xenodochus** in einer braunen, torfartig riechenden, schwach sauer reagirenden Jauche bildet.

In derartig verjauchten Stämmen sah Willkomm häufig aus den von der weißen Nachtfaser durchwachsenen Stellen einen reichlich fruktifizirenden, blauen oder schwarz violetten Fadenpilz mit deutlich gegliederten, doppelt contourirten Hyphen und steifen, schnabelförmigen Aesten hervorgehen. Die leicht abfallenden, deutlich septirten Sporen stehen meist traubenförmig oder büschelig und finden sich später in großer Menge in der endlich abtrocknenden, Holzerde bildenden braunen Masse im Inneren des Baumes.

Dieser Pilz mit seinen, oft rechtwinkelig abstehenden Aesten ist von Willkomm zuletzt **Rhynchomyces violaceus** genannt worden.

Betreffs der Entwicklungsgeschichte der genannten Pilze verweisen wir auf das Original und erwähnen hier nur, daß Willkomm zu der Ueberzeugung gelangt,

die weiße Nachtfaser (Nyct. cand. Hart., Rhynchomyces violaceus Willk., Staphylosporium Willk. in Karsten's Bot. Unters.) entstehe aus dem braunen Nachtfaserpilze (Xenodochus ligniperda Willk., Nyctomyces fuscus Hart.), dessen Schwärmsporen sich fadenartig zur Bildung der Hyphen der weißen Nachtfaser an einander reihen. Aus den Sporen des Rhynchomyces entwickelt sich wieder Xenodochus.

Es bleibt nun weiteren Untersuchungen überlassen, die von Willkomm gefundenen, in vielen Beziehungen auffälligen Thatsachen zu prüfen und zu bestätigen. Da nach den sich täglich mehrenden Beweisen eine große Anzahl von Fadenpilzen nur Knospen tragende Formen höher entwickelter Pilze sind, so möchten wir auch die von Willkomm beschriebenen Nachtfaserpilze nur als solche Knospenformen auffassen und die Frage nach der definitiven Bestimmung des Rothfäule-Pilzes noch als eine offene ansehen.

Bis zur vollständigen Feststellung dieser Pilze halten wir die Ansicht aufrecht, daß es vorzugsweise Hymenomyceten sind, deren Mycel die Zerstörung des Holzkörpers der Bäume übernimmt. Diese Ansicht wird neuerdings ebenfalls von Fuckel[1]) geäußert, der in einem Hymenomyceten, dem Corticium sanguineum Fr. die Ursache der Rothfäule der Tannen vermuthet.

Die neuesten Untersuchungen führten R. Hartig zu der Ueberzeugung, daß Trametes Pini Fr. (Kiefernbaumschwamm), ein Löcherpilz, die Ursache der Rothfäule sei. Derselbe erzeugt auch die Ring-, Rind- oder Kernschäle der Kiefer, während eine andere neue Art, Trametes radiciperda R. Hartig, den Wurzelschwamm der Laub- und Nadelhölzer darstellt. Trametes radicip. ist weiß und mehrjährig; er erscheint an den Wurzeln zuweilen 1—2 Dm. tief unter der Bodenoberfläche, vorzugsweise aber am Wurzelhalse entweder einzeln oder colonienweise bei jungen 5—20 jährigen Kiefern, bei Wachholder, Rothbuche, Weißdorn u. s. w. und veranlaßt das plötzliche Absterben der Bäume ähnlich dem Agaricus melleus, aber ohne Harzausfluß zu verursachen und Rhizomorpha zu bilden[2]).

Die Zersetzungserscheinungen, welche bei der Trockenfäule auftreten und durch

---

1) Nachtrag II. zu Symbol. myc. S. 8.

2) Auch in dem grünfaulen Birkenholze finden sich ziemlich reichliche braune verzweigte Mycelfäden, die ich für Nyctomyces fuscus Hart. halte. Die Grünfäule fasse ich daher als einen analogen Zersetzungsprozeß auf, bei welchem ein spangrüner Farbstoff entwickelt wird. Der Farbstoff befindet sich in den Wandungen der Holz- und Markstrahlzellen; er ist weder durch Alkohol, noch durch Aether oder Benzin ausziehbar; einige Säuren lösen ihn schwach. Salpetersäure nimmt sehr viel davon auf und wird leuchtend grün dadurch gefärbt. Von Mycelfäden scheint er aufgenommen zu werden; denn Caspary*) beobachtete, daß die vereinzelten ungegliederten Fäden eines grünen Schlauchpilzes, der Peziza aeruginosa auch eine grünliche Färbung angenommen hatten. Das spärliche Vorkommen des Mycels gestattet nicht die Annahme, daß diese Peziza die Ursache der Grünfäule sei.

1) Caspary über Peziza aeruginosa in d. Schriften d. phys.-ökon. Gesellsch. z. Königsberg 1864, cit. in Hoffmann's Mykol. Ber. Bot. Zeit. 1866. S. 103.

den Hausschwamm verursacht werden, sprechen ebenfalls dafür, daß auch bei der Fäule der lebenden Bäume hochentwickelte Pilze aus der Familie der Hymenomyceten die Ursache sind.

Die Ansicht, daß Pilze die Ursache der Fäule sind, schließt keineswegs aus, daß Witterungs-, Standorts- und Kulturverhältnisse sehr maßgebend für das Auftreten der Krankheit sein können. Wir gehen von der Erfahrung aus, daß jede Pflanze bestimmte Ansprüche an Boden und Klima macht. Der Boden für die Schmarotzer ist die Nährpflanze. Ein Theil der Schmarotzer wird im Stande sein, sich auf der gesunden Nährpflanze anzusiedeln, ein anderer Theil wird aber erst dann kräftig sich entwickeln können, wenn Alter oder ungünstige Vegetationsverhältnisse eine Aenderung in der Stoffbildung der Nährpflanze hervorgerufen haben[1]). Zu diesen letzteren können die Pilze der Rothfäule, Weiß- und Grünfäule gehören.

Trotz der noch geringen Bekanntschaft mit dem Feinde werden wir in zwei Richtungen hin gegen die Krankheit Vorbeugungsmaßregeln treffen können. Einmal werden die möglichen Ansteckungsheerde zu vernichten sein durch Ausroden und Verbrennen der rothfaulen Stämme; andererseits wird durch rationelle Waldpflege ein möglichst normaler Bestand erzogen werden müssen.

IV. Hexenringe.

Erwähnenswerth endlich sind die Hymenomyceten noch durch den Umstand, daß einzelne Arten von Blätterpilzen die sog. Hexenringe auf den Wiesen verursachen. Dieselben erscheinen als kreisrunde, kleinere oder größere, bisweilen 7—16 Mtr. Durchmesser haltende, Stellen, welche von einem freudig grünen, 15—20 Cm. breiten Ringe eingeschlossen sind, auf welchen ein innerer Ring aus unregelmäßig abgestorbenen Flecken folgt. In dem grünen äußeren Kreise zeigen sich in den einzelnen Jahren mehr oder minder reichlich Hutpilze. Die Kreise wachsen mit jedem Jahre und bleiben lange Zeit hindurch kenntlich. In manchen Jahren ist nur der grüne Ring bemerkbar, ohne daß Hutpilze aus demselben hervorbrechen; dagegen ist in anderen Jahren der Ring bisweilen so dicht mit Hüten stellenweis besetzt, daß sich die einzelnen Exemplare durch gegenseitigen Druck quetschen und tödten.

Beispiele hierfür liefert George Jorden im Phytologist 1862[2]), nach dessen Beobachtungen vorzugsweise **Agaricus campestris**, **multifidus**, **oreades** und **giganteus** dergleichen Hexenringe erzeugen. Nur die beiden letzteren verursachen jedoch Fehlstellen, indem sie die Wurzeln der Gräser tödten. Die Erscheinung

---

1) Auch von Merulius wird angegeben, daß er bestimmte Unterlagen mit Vorliebe aufsucht. So beobachtete ihn Leube viel häufiger auf rasch gewachsenem, leichtem, nicht geflößtem Holze. (Mykol. Ber. v. H. Hoffmann in Bot. Zeit. 1863. S. 292.)

2) Bot. Zeit. 1862. Nr. 47. S. 407.

findet ihre Erklärung in dem allseitig gleichmäßig centrifugalen Wachsthume des Mycels, welches sich aus einer keimenden Spore einmal entwickelte. Dieses Mycel wächst nun an seiner Peripherie alljährlich weiter, während die inneren, älteren Theile allmählig absterben; es entsteht auf diese Weise ein Mycelring, der bei einer für seine Entwicklung günstigen Bodenbeschaffenheit und Witterung zahlreiche Hüte hervorbringt. Die Zersetzungsprodukte derselben wirken düngend auf die Grasnarbe und die umspinnenden Mycelfäden wahrscheinlich schon vorher wie ein Reiz auf die Graswurzeln, wenn dieselben einzeln vordringen und sich nicht etwa gleich so massenhaft entwickeln, daß die Wurzeln davon getödtet werden. Bei nicht passenden Vegetationsbedingungen bleibt das Mycel viele Jahre hindurch steril.

§. 5. Ascomyceten A. Pyrenomyceten.

Noch formenreicher als die Familie der Hypodermii und viel verderblicher als die der Hymenomyceten ist die Familie der Pyrenomyceten (Kernpilze); sie ist die für uns wichtigste aus der Ordnung der Ascomyceten, also derjenigen Pilze, welche freiliegende, durch freie Zellbildung entstandene Sporen in einer schlauchartigen Mutterzelle, dem Ascus, besitzen. Gleichzeitig mit den Schlauchsporen sind in der Regel noch andere Fortpflanzungsorgane, wie Conidien und Stylosporen vorhanden, die einen mehrfachen Generationswechsel darstellen.

Die Befruchtung ist hier und da bereits mit aller Sicherheit nachgewiesen und die Produkte der Befruchtung sind bei den Pyrenomyceten die Schläuche mit ihren Sporen, welche in ein festes rundliches oder flaschenförmiges Gehäuse eingeschlossen, während bei der uns später beschäftigenden Familie der Discomyceten oder Scheibenpilze die zu einem Hymenium vereinigte Schlauchschicht frei auf der Oberfläche des Pilzkörpers zu Tage tritt. Das Gehäuse (Perithecium) der Pyrenomyceten ist meist spröde, dunkel gefärbt und kohlig hart, oder aber hell gefärbt und dann weicher. Meist ist dasselbe ursprünglich ganz geschlossen; es öffnet sich bei der Reife seines Inhalts bisweilen mit einer regelmäßigen Mündung oder aber es öffnet sich überhaupt nicht von selbst und die Sporen werden erst durch Verwitterung des Gehäuses frei.

Zu den Kernpilzen der letzterwähnten Art gehört die alte Gattung Erysiphe, welche von neueren Autoren in eine größere Anzahl Gattungen, wie Lasiobotrys, Podosphaera, Sphaerotheca, Phyllactinia, Uncinula, Calocladia zerlegt worden ist. Die Perithecien sind hier meistens am Grunde mit verschieden gestalteten und gestellten Fäden (Stützfäden, suffulcra, appendiculae) versehen, welche eine direkte Verlängerung einzelner Zellen der Perithecienwand darstellen.

Sämmtliche hierher gehörige Pilze sind Schmarotzer, die unsern Kulturpflanzen bedeutenden Schaden zufügen; sie bilden den sogenannten Mehlthau, der außerordentlich häufig auf den verschiedenartigsten Pflanzen angetroffen wird.

A. Die Mehlthau-Arten. Erysipheen. (Tafel X.)

Der Name deutet bereits auf die charakteristische Erscheinungsweise hin: die Pflanzentheile scheinen mit Mehl bestreuet zu sein. Entweder treten solche weißgepuderte Stellen vereinzelt auf der Oberfläche eines Blattes oder Stengels auf, oder sie bilden einen zusammenhängenden, erst rein weißen, später gelb- bis braunfleckig werdenden Ueberzug über das ganze Pflanzenorgan (Fig. 1). Die genauere Untersuchung erweist den flockig weißen Ueberzug als die Knospen und das Mycel der Erysipheen, deren dicht verworrene Fäden aber nicht, wie bei den Brand- und Rostpilzen, in das Innere des Pflanzentheiles eindringen, sondern stets auf der Oberfläche desselben hinkriechen. Wenigstens ist bis jetzt das Mycel noch nicht im Innern einer Nährpflanze nachgewiesen worden, obgleich die Vermuthung, daß dies wirklich der Fall sei, dadurch einigermaßen nahe gelegt wird, daß man an einer und derselben Pflanze mehrere Jahre hinter einander die neugebildeten Triebe immer wieder mit Mehlthau überzogen findet.

Obgleich die Erysiphen schon dadurch schädlich werden, daß sie den befallenen Pflanzentheil der vollen Einwirkung von Luft und Licht entziehen, so tritt dieser nachtheilige Einfluß doch vollständig gegen die direkten Angriffe in den Hintergrund, die das Mycel vermöge seiner Saugorgane ausübt.

Diese Haustorien, welche Fig. 2 h in der Anlage, 3 h im ausgebildeten Zustande darstellen, haben Aehnlichkeit mit denen der verderblichen Gattungen Cystopus und Peronospora. Sie sind bei verschiedenen Arten von Mehlthau verschieden gebauet[1]). Der einfachste Bau des Saugorganes findet sich am Mycel derjenigen Mehlthauarten, die in das neuere Genus Podosphaera Kze. gehören, deren reife Früchte nur einen einzigen Schlauch mit 8 Sporen enthalten und deren Arten z. B. den weißen Ueberzug auf Rosen und Pfirsichen hervorbringen. Bei der Erysiphe pannosa (Podosphaera pannosa Lk.), dem Rosenmehlthau, z. B. zeigen sich auf derjenigen Seite des farblosen septirten Mycelfadens, welche die Oberhaut des Rosenblattes berührt, sehr dünne röhrenförmige Ausstülpungen, welche die Außenwand der Oberhautzelle durchbohren und nun im Inneren der Zelle blasig anschwellen. Diese blasige Ausstülpung stellt das vollkommene Haustorium dar. So weit wie diese Ausstülpung des Mycelfadens noch röhrenförmig ist, erscheint sie mit einer Scheide umgeben. Die Scheide wird von der durchbohrten Außenwand der Epidermiszelle gebildet, welche wie eine Hülle den Hals des so gebildeten Haustoriums umgiebt. Bei andern Mehlthau-Arten, wie z. B. der Erys. (Calocladia Lév.) Mougeotii, die auf der bekannten Heckenpflanze Teufelszwirn (Lycium barbarum L.) vorkommt, treibt der Mycelfaden erst eine seitliche Aussackung, aus

1) Die folgende Darstellung stützt sich auf de Bary's Arbeit über Erysiphe in „Beiträgen zur Morphologie u. Physiologie der Pilze von de Bary u. Woronin". I. Bd. 3. Reihe. S. 23.

welcher (bisweilen auch aus dem Mycelfaden selbst) das Saugröhrchen entspringt. Noch zusammengesetzter ist der Bau bei dem gemeinen Mehlthaue, Erysiphe communis, der auf Kleearten, der Ackerwinde &c. vorkommt. Die Beschreibung des Baues dieses zusammengesetzten Saugorganes finden wir bei dem Mehlthau des Weines (Erysiphe Tuckeri Berk.) erwähnt. Kurze Zeit nach Bildung des Mycelfadens erheben sich aus demselben senkrecht aufstrebende Aeste (Fig. 2 b), welche eirunde oder fast eirunde, weiße, glatte Knospenzellen (Conidien) (Fig. 2 c) an ihrer Spitze tragen. Diese Conidien stehen in der Regel kettenförmig zu mehreren auf jedem Träger; nur in seltenen Fällen begegnet man einer Art, die nur je eine Conidie auf ihrem Träger bildet. Man betrachtete früher diese Knospenform der Erysiphen als einen selbständigen Pilz, der verschiedene Namen, wie Monilia, Oidium u. s. w. führte. Daher rührt auch die Bezeichnung Oidium Tuckeri für den verderblichen Weinpilz.

Die vollkommene Frucht der Erysiphe besteht aus einer kugeligen, mehrzelligen Kapsel (Perithecium), welche erst weiß, später gelb und zuletzt schwarzbraun wird (Fig. 5). Einzelne Zellen des Peritheciums verlängern sich zu haarförmigen Fortsätzen, welche bald lang und vielfach schlaff gebogen, bald kurz und starr, weiß oder braun gefärbt erscheinen. Diese Stützfäden sind entweder unregelmäßig auf der Fläche des Peritheciums vertheilt oder kranzförmig an der oberen oder unteren Hälfte der Kapsel geordnet. Dabei erscheinen die Fäden oft in der zierlichsten Weise an ihrer Spitze wiederholt zweitheilig, wie bei dem Mehlthaue des Ahorns (Figg. 5 u. 6 s) und des Gaisblattes, oder ihre Enden erscheinen einfach und an der Spitze gerollt, wie bei dem Mehlthau der Weiden (E. salicis) und diese Ausbildung der Fäden ist so beständig, daß man sie zur Unterscheidung der einzelnen Arten mit verwendet.

Innerhalb der Fruchthülle, des Peritheciums, finden sich die Sporangien in Form von Schläuchen, die je 2, 4, 8 und mehr Sporen enthalten (Fig. 6 a). Die Zahl der Schläuche und die Zahl der Sporen in denselben ist für jede Art constant. Viele Schläuche mit meist nur je 2 Sporen besitzt z. B. Erysiphe guttata, die auf Blättern der Esche, Haselnuß, Hainbuche u. s. w. vorkommt; dagegen hat Erys. Aceris 8 Sporen in jedem der etwa zu 8—12 innerhalb eines Perithecium auftretenden Schläuche; E. Prunastri, welche auf den Blättern der Schlehe erscheint, hat 4—6 Sporen in jedem Schlauche und E. pannosa, welche den Mehlthau der Pfirsichbäume und Rosen bildet, enthält in jedem Perithecium in der Regel nur einen einzigen 8sporigen Ascus.

Die Sporen selbst sind ellipsoidisch oder eirund, dick, glatt, einfächerig, mit körnig-plasmatischem Inhalte, erst blaß, später gelblich, endlich braun. An dieser Färbung nimmt die Außendecke der Spore, das Epispor, keinen Antheil; dasselbe ist immer nahezu ungefärbt und durchscheinend.

Im Verhältniß zu der Mehrzahl der Rostpilze ist diese erste Gattung der Pyrenomyceten, die Gattung Erysiphe, nicht sehr vielgestaltig in ihren Ver-

mehrungsorganen. Wir sehen eine Conidienform (Oidiumform), welche die schnelle Vermehrung im Sommer übernimmt und zweitens eine in der Regel gegen den Herbst hin auftretende Frucht, das Perithecium.

Daß das Perithecium wirklich als Frucht, wie bei den Phanerogamen, angesprochen werden muß, geht aus seiner Entwicklung hervor, da es sich erst in Folge eines Befruchtungsaktes bildet.

Die Befruchtung findet folgendermaßen statt. An der Kreuzungsstelle zweier Mycelfäden (Fig. 7 a b) oder an der Berührungsstelle von zwei neben einander her laufenden Fäden, tritt aus jedem derselben eine kurze sackartige Ausstülpung; beide Aussackungen liegen von Anfang an dicht an einander (Fig. 7 p und c); sie werden zunächst etwa 2—3 mal so lang, als der sie tragende Mycelfaden dick ist. Eine der beiden Ausstülpungen schwillt dabei zu einer länglich ovalen Blase auf, die sich von dem sie tragenden Mycelfaden durch eine Scheidewand abgrenzt und nun die Eizelle oder das Ascogon darstellt (Fig. 7 c), das von der anderen, immer cylindrisch bleibenden, dicht anliegenden Ausstülpung in der Regel überwachsen wird (Fig. 7 p). Auch dieser cylindrische Theil hat sich durch eine Querwand bereits von seinem Tragfaden abgegrenzt und dieses abgegrenzte schlauchförmige Stück theilt sich noch einmal durch eine Querwand in 2 Zellen. Damit ist die Bildung des männlichen Organes, des Pollinodium (antheridium), beendet. Aus dem sich allmählig zu einem Stiele (Fig. 8 u. 9 st) verlängernden, unteren Theile der beiden Geschlechtsorgane erheben sich alsbald 7—12 Aeste, die Hüllschläuche (Fig. 8 u. 9 h), welche sich hier und da verzweigen und sammt ihren Verzweigungen das Ascogon als geschlossene Hülle umgeben, wobei später das Pollinodium, nachdem es seine Arbeit vollendet, von dem Ascogon abgedrängt wird. Wie die Arbeit des Pollinodiums geleistet wird, wissen wir nicht.

Wahrscheinlich ist es ein Akt der Osmose, durch den ein Theil des Inhaltes des männlichen Organes der weiblichen Zelle mitgetheilt wird.

Bald nachdem die Hüllschläuche sich über dem Gipfel des Ascogon's vereinigt haben, theilen sie sich durch Querwände, so daß eine vielzellige, dichte Hülle (Fig. 9 h zeigt den Querschnitt) um das Ascogon (Fig. 9 a) entsteht. Die Hülle beginnt schnell, sich zu dehnen und bildet dadurch ein Gehäuse (das Perithecium), dessen innerer Hohlraum zunächst durch nach innen gehende und durch Querwände sich theilende Zweige der Peritheciumzellen ausgefüllt wird; diese Zweige bilden später die innere Auskleidung des braun und fest werdenden Peritheciums.

Bis zu diesem Entwicklungsstadium ist der Aufbau sämmtlicher Erysiphenfrüchte nahezu derselbe; von jetzt ab aber treten zwei Bildungsrichtungen auf, je nachdem eine Erysiphe-Art Früchte mit einem einzigen oder mit vielen Schläuchen bildet. Bei den ersteren, welche de Bary deßwegen in ein Genus (Podosphaera Kze.) vereinigt, theilt sich das junge Ascogon durch eine, etwa in der Mitte liegende Querwand in 2 Theile, von denen der obere (Fig. 9 a) zu dem für das ganze Geschlecht charakteristischen, einzigen Keimschlauche sich verlängert, während der

untere Theil zum Stiel auswächst. Bei der zweiten Bildungsreihe, welche alle ächten Erysiphen umfaßt und welche sich ursprünglich schon dadurch auszeichnet, daß das Ascogon (Fig. 10 a) schraubenförmig um das Pollinodium (Fig. 10 p) gewunden ist, treten nach der einen ersten Querwand im Ascogon noch mehrere andere auf, so daß die ursprüngliche weibliche Zelle wie ein mehrgliedriger Faden erscheint, dessen einzelne Glieder zu kurzen, dicken, bisweilen verästelten Zweigen auswachsen, die sich durch Querwände abgrenzen und durch neue Scheidewände sich in Zellen von allseitig gleichem Durchmesser theilen. Je nach den verschiedenen Arten wachsen nun 6—12 dieser Zellen zu den eiförmigen oder keuligen Schläuchen heran, welche die Sporen enthalten. Die übrigen Zellen bleiben steril und werden von den sich dehnenden Schläuchen zusammengepreßt, ebenso, wie die einzelnen Zellenreihen, welche die Innenwand der Hülle zwischen die einzelnen Schläuche hineinsendet (Fig. 6 z).

Mit der Theilung im Ascogon und dessen Aesten sind außer den Sporen alle Theile des Peritheciums angelegt. Die peripherischen, anfangs farblosen Hüllzellen, welche durch Jod blau gefärbt werden, erscheinen nun dickwandig und dunkelbraun; einzelne von ihnen verlängern sich zu den haarförmigen Anhängseln oder Stützfäden (appendiculae, suffulcra, Fig. 6 s), welche zur Unterscheidung der einzelnen Arten gebraucht werden. Die appendiculae entspringen, wie bereits erwähnt, meist von bestimmten Regionen des Peritheciums; bei Podosphaera (Erys.) Castagnei Lév. z. B., welche auf den Löwenzahnblättern, dem Wachtelweizen ꝛc. wächst, entspringen diese Haare sämmtlich auf der unteren Hälfte der Kapsel; sie sind hier meist unregelmäßig verästelt, septirt, mit braun werdender Membran versehen und flechten sich zwischen die einzelnen Fäden des Mycels hinein. Bei der Erysiphe (Calocladia) Berberidis, welche im August den mehlartigen Anflug oft ganzer Berberitzensträucher hervorruft, entspringen die Anhangshaare aus einer mittleren Zone oder der oberen Hälfte des Peritheciums; sie sind hier aufrecht, oder strahlig divergirend und an der Spitze regelmäßig wiederholt zweitheilig.

Mit der Bräunung der äußeren Zellschichten schreitet gleichzeitig die Ausdehnung und Braunfärbung der Innenwand fort und wenn das ganze Perithecium nahezu seine vollkommene Größe erlangt hat, vergrößern sich die Schläuche, die zuerst dünnwandig und mit der Innenrinde verwachsen, später an den Seiten dickwandig und frei werden. Der Inhalt der Schläuche ist ein feinkörniges Protoplasma, in welchem gleichzeitig die länglichen oder ovalen, meist farblosen, bisweilen gelben Sporen entstehen.

Soviel bis jetzt bekannt, werden die Sporen erst dann frei, wenn die Schläuche und das sie umhüllende Perithecium verwittern. Viele Kapseln öffnen sich aber im Spätherbste spaltenförmig bei gelindem Drucke und von dem Rosenmehlthaue wird angegeben, daß die Perithecien am Scheitel von selbst aufreißen und den geschlossenen Ascus austreten lassen.

Nach der Ueberwinterung sind die frei gewordenen Sporen fähig, Keim-

schläuche zu treiben, wenigstens beobachteten die Gebrüder Tulasne dergleichen Fälle bei Erysiphe (Phyllactinia) guttata, dem Mehlthaue der Haselnuß und Hainbuche, bei E. (Trichocladia) tortilis auf Cornus sanguinea und bei Podosphaera (Sphaerotheca) pannosa, die auf Pfirsichen und Rosen bekannt ist.

Die Knospenzellen (Conidien) dagegen keimen (Fig. 11 c) sofort nach ihrer Ablösung vom Träger; sie treiben meist an einem Ende einen Keimschlauch, der, kaum doppelt so lang als die Conidie, sofort auf geeigneter Unterlage unterhalb seiner Spitze einen Schlauchfortsatz bildet. Dann treibt die Spitze weiter. Wie bei vielen anderen Pilzen entwickelt sich auch hier bisweilen aus einer Conidie sofort ein aufrechter Conidienträger.

Die meisten Arten der für unsere Kulturpflanzen so gefährlichen Pilzgruppe liefern Beispiele für die bisher im Allgemeinen geschilderte Entwicklungsgeschichte; aber merkwürdiger Weise kennen wir gerade bei dem gefährlichsten, in unsere Wirthschaftsverhältnisse am tiefsten eingreifenden Mehlthaue, bei dem des Weinstocks, noch keine vollkommene Fruchtentwicklung. Es sind bis jetzt in ganz Europa noch keine Perithecien auf dem Weinstocke gefunden worden.

Trotz dieser unvollkommenen Bekanntschaft gebietet doch die Wichtigkeit des Gegenstandes ein spezielles Eingehen auf diese Krankheit, welche nach den Darstellungen von v. Mohl und den Zusätzen von de Bary hier wiedergegeben wird.

I. Der Mehlthau des Weinstockes, Erysiphe Tuckeri Berk.[1]) (Tafel X.)

Nach den Angaben von v. Mohl[2]) trat die Traubenkrankheit, welche schon früher[3]) in Europa existirte, zum ersten Male im Großen verheerend in Margate in England in den Jahren 1845—1847 auf. Sie ging im Jahre 1848 nach Frankreich, wo sie in Versailles beobachtet wurde, erreichte 1851 das südliche Frankreich und Italien, zeigte sich im Herbst in Tyrol (Botzen), verbreitete sich darauf über die ganze Schweiz und trat endlich auch, zuerst vereinzelt, in Deutschland auf. Zunächst waren es vorzugsweise die Treibereien, die von der Krankheit litten; jetzt freilich ist auch keine Lage und keine Sorte im Freien vor den Angriffen des Pilzes sicher.

Immer zeigt sich der Pilz, der als Oidium Tuckeri Berk. in die Wissenschaft eingeführt worden ist, nur auf der lebenden Epidermis der Pflanze. Wenn sich seine Verwüstungen nur auf die Zweige beschränken würden, wäre die Krankheit nicht sehr gefährlich, da die Oberhautschichten, die allein von dem Pilze angegriffen werden, schon im folgenden Winter vertrocknen und im nächsten Frühjahre

1) Cit. in Tulasne: Selecta fungorum carpologia I. S. 215.

2) v. Mohl in Bot. Zeit. 1852. S. 9; 1853. S. 588; 1854. S. 137.

3) Nach Oerstedt's System d. Pilze 2c., übersetzt von Grisebach u. Reinke 1873. S. 40 war die Traubenkrankheit den Römern bereits bekannt.

abgeworfen werden. Die untersten, ältesten Internodien des jungen Zweiges werden zuerst ergriffen; die Mycelfäden (Fig. 2 u. 3 m) kriechen in horizontaler Lage weiter und verästeln sich fiederförmig. Bald erheben sich von den älteren Myceltheilen die Conidienträger in etwas schief aufsteigender Lage (Fig. 2 b); ihre Septirung (Fig. 2 s) ist viel leichter erkennbar, als die der Mycelfäden und schon dadurch sind sie einigermaßen von einem etwa aufrecht wachsenden Mycelfaden unterscheidbar; noch deutlicher aber wird der Unterschied dadurch, daß die Spitze des Conidienträgers alsbald keulig anschwillt und eine eiförmige Spore (Fig. 2 c) abgliedert, deren Größenverhältnisse vielen Schwankungen unterworfen sind.

Theilweis durch das Weiterkriechen des Mycels von dem Stengel aus, vorzugsweise aber durch das Anwehen und schnelle Auskeimen der Conidien verbreitet sich der Pilz auf die Blätter und endlich auf die Fruchtstände, wo er seine verderblichste Thätigkeit entwickelt. Die Einwirkung auf die Gewebe erfolgt in allen Theilen in derselben Weise. Das Mycel saugt sich mit seinen Haustorien (Fig. 3 h) fest und entsendet kurze Zeit nach seiner Ausbildung neue Aeste mit sich bald lösenden Conidien, welche die Krankheit weiter verbreiten.

Die Anheftung des Mycelfadens an seine Unterlage stellt hier eine dritte Modifikation zu den bereits oben beschriebenen zwei anderen Formen dar. Der Faden bildet nach de Bary entweder eine einseitige, anliegende, mit kerbig-lappigem Rande versehene Ausstülpung, oder es gehen auch zwei solcher Ausstülpungen (Fig. 3 a) von derselben Stelle des Mycelfadens nach entgegengesetzten Seiten hin ab, wodurch der Anblick einer lappigen Scheibe entsteht. Von irgend einem Theile dieser scheinbaren Scheibe geht dann das gewöhnlich gebauete Haustorium in das Innere der Epidermiszelle hinein. Die blasige Anschwellung des Saugorganes im Innern der Epidermiszellen scheint sich aber seltener auszubilden.

Durch das Eindringen des Haustoriums, das schon Visiani beobachtet, zeigt sich der Inhalt der Epidermiszelle bisweilen nicht wesentlich verändert; in den meisten anderen Fällen ruft das Eindringen des Saugfortsatzes alsbald eine Bräunung des Inhalts und der Wandung hervor und leitet das Absterben der Zelle ein. Später bräunen sich auch die Nachbarzellen. An den Blättern bleibt es häufig bei der Bräunung, ohne daß die Epidermis abstirbt. Auf diese Weise entstehen die größeren braunen Flecken an der Rinde und auf den Blättern[1]) und die

---

1) Braune, aber gleichzeitig dürre Flecken entstehen auch bei einer anderen, von Fuckel beobachteten Krankheit, die der Entdecker als „Gelbsucht" bezeichnet. (Fuckel: Symbolae myc. S. 359. — Wochenbl. d. Annal. d. Landwirthsch. in d. Preuß. Staat. 1870. S. 95.) Die Flecken, sowie die ganze Krankheit sind aber nicht mit dem Mehlthaue zu verwechseln. Fuckel hält einen Pilz, Spicularia Icterus Fkl., für die Ursache der Gelbsucht, welche in den einzelnen Jahren in verschiedener Intensität auftritt und alle Traubensorten mit Ausnahme der Fleischtraube (Malvasier), die gerade stark vom Mehlthau leidet, heimsucht. Die Krankheit, die bis jetzt auf dem linksrheinischen Ufer von Mainz bis Guntersblum häufig aufgetreten und sich namentlich an den Oestreicher Trauben zeigt, ist zunächst kenntlich durch ein Gelbwerden des ganzen Wein-

kleinen Knötchen an den Beeren, welche häufig kurz nach der Blüthe vom Pilzmycel überzogen werden und, kaum zur halben normalen Größe herangewachsen, schon zu platzen beginnen. Das Zerplatzen ist die natürliche Folge des Auftretens jener braunen Flecken abgestorbener Epidermiszellgruppen. Während das dünnwandige, saftstrotzende Innengewebe der Beere sich auszudehnen bestrebt ist und die lebendigen Oberhautzellen passiv gedehnt werden, ist dies bei den trocknen Epidermiszellen der Flecken nicht mehr möglich. Hier reißt die Oberhaut der Beere ein, so daß deren Inneres theilweis klaffend bloß gelegt wird. Ist die Frucht schon einigermaßen in der Entwicklung vorgeschritten gewesen, dann wird die Beere bei trockner Witterung noch nothreif, wobei nur die Wundstelle selbst hart bleibt; bei feuchtem Wetter dagegen wird, unter Auftreten zahlreicher Schimmelpilze, die Fäulniß eingeleitet. Aus letzterem Umstande aber der Krankheit den Namen „Traubenfäule" zu geben, wie dies hier und da geschieht, ist vollkommen ungerechtfertigt.

Vielleicht ungerechtfertigt ist auch der botanische Name, unter welchem wir den Mehlthau des Weines aufgeführt haben. Der Name Oidium Tuckeri kann überhaupt nur als Bezeichnung des Knospenzustandes gelten. Da wir aus der ganzen Entwicklung des Pilzes aber mit Sicherheit schließen können, daß derselbe eine Erysiphe ist, so ist der von Berkeley einmal eingeführte Name Erysiphe Tuckeri der bessere. Richtig wird er nur dann sein, wenn sich der Weinpilz als eine besondere Art herausstellt; es ist aber gar nicht unwahrscheinlich, daß er nur die auf dem Weinstock sich nicht weiter entwickelnde Conidienform einer bekannten Erysiphe ist[1]).

Dem Baue seiner Haustorien nach nähert sich der Weinmehlthau der auf den verschiedensten Pflanzen vorkommenden Erysiphe communis, namentlich der Form auf Knautia arvensis. Ebenso besitzt die auf Populus fastigiata vorkommende Erysiphe (Uncinula) adunca gleichgebaute Saugorgane, die de Bary als haustoria lobata bezeichnet.

Von großem wissenschaftlichen, leider von keinem praktischen Interesse ist die Entdeckung eines Schmarotzers auf dem Weinpilze. Bis zum Jahre 1870 betrachtete man diesen Schmarotzer, der in den Erysiphen vieler anderer Pflanzen eben-

---

stocks kurz nach der Blüthe. Allmählig bilden sich dürre Flecken an den Blättern, die schnell das ganze Blatt umfassen und durch welche die ganzen Reben entblättert werden. Auf diesen dürren Flecken ist stets die Spicularia zu finden. „Die Folge davon ist, daß die kleinen Beerchen abfallen oder kaum schrotkörnergroß bleiben und, wie mir scheint, der ganze Stock abstirbt." Die Krankheit befällt ganze Weinberge und hält die kreisförmige Verbreitung, die so vielen Pilzen eigen ist, inne. „Um einen, wahrscheinlich schon im vorigen Jahre befallenen und abgestorbenen Stock werden die Nachbarstöcke im Kreise herum, der sich rasch vergrößert, befallen." Die Krankheit läßt sich schon von Weitem an dem landkartenähnlichen Colorit der Weinberge erkennen.

1) Die Ansicht von Fuckel, daß der Weinmehlthau eine Form von Sphaerotheca Castagnei sei, dürfte des abweichenden Haustoriums wegen kaum haltbar sein.

falls vorkommt und den Namen Cicinnobolus Cesatii führt, als eine Entwicklungsform der Erysiphe selbst und nannte sie die Pycnidenfrucht derselben.

Man sieht nämlich zwischen den einzelnen normalen Conidienträgern auf dem Weinstocke einzelne verschiedengestaltete mehrzellige Kapseln auftreten (Fig. 12 p), welche kleine eiförmige Sporen enthalten. Diese Sporen (Stylosporen) liegen in einem in Wasser löslichen, in Alkohol unlöslichen Schleim eingebettet und treten mit diesem in langen Ranken (r) aus ihren Kapseln. Entweder erscheinen diese Kapseln wie aus veränderten, dicker gewordenen und dunkel gefärbten Conidien entstanden und wie diese gestielt, auch oft reihenweis über einander gestellt oder sie treten ungestielt, als runde oder längliche Körper auf, oder endlich gleichen sie ihrer äußeren Gestalt und den Anhängseln nach vollständig den Perithecien der Erysiphe, auf der sie sich finden und unterscheiden sich nur durch ihren Inhalt an Stylosporen.

Erst de Bary[1]) erkannte die wahre Natur dieser Kapseln. Er beobachtete zunächst in den Mycelfäden der Erysiphen, welche solche Kapseln trugen, einen zweiten sehr dünnen Mycelfaden, der mit reichlichen Scheidewänden versehen, sich hier und da verästelt und in die Conidienträger hineingeht (Fig. 12 m); wobei die Querwände des Erysiphenmycels durchbohrt werden. Ist das parasitische Mycel an der Spitze des Conidienträgers angelangt, beginnt es, sich zu verästeln und zu verzweigen. Diese Zweige füllen in Gemeinschaft mit solchen, welche von unten nachwachsen, bald die ganze Wand einer oder zweier über einander stehender Conidien aus und bilden, indem sie sich durch Querwände in fast isodiametrische Zellen theilen, eine dichte innere Umkleidung der Erysiphenconidie. Durch das Wachsthum dieser inneren, oben und unten sich schließenden Wand wird die Conidie ausgeweitet und stellt jetzt jene Pycnidenkapsel (Fig. 12 p) vor, welche man bis dahin als Fruchtform des Mehlthaues beschrieben hatte; in kurzer Zeit bräunen sich nämlich die ursprünglich farblosen Zellen der Pycnidenwandung, nachdem schon vorher an der Innenfläche derselben sich Ausstülpungen gezeigt, die zu Stylosporen ausgebildet werden.

So sehen wir denn die ehemalige zweite Fruchtform des Mehlthaues als die Pycnidenfrucht eines Parasiten, des Cicinnobolus, sich entpuppen. Die Gestalt dieser Pycniden-Früchte ändert sich, je nachdem das Parasitenmycel in eine Conidie oder in ein junges Perithecium der Erysiphe hineinwächst. Im letzteren Falle finden wir als Hülle das mit seinen charakteristischen Anhängseln versehene Perithecium, welches als Inhalt die Stylosporen des Cicinnobolus zeigt. In wenigen Stunden keimen diese geraden oder gekrümmten, etwa eiförmigen Sporen (Fig. 11 st) in feuchter Luft oder auf Wasser mit einem Keimschlauche, der bei Berührung eines Erysiphenfadens sich in der Regel alsbald dicht an denselben anlegt und einen feinen, die Erysiphenzelle durchbohrenden Fortsatz treibt. Im Inneren derselben schwillt der eingedrungene Theil des Schmarotzers zu einer Blase (Fig. 11 b) an,

1) Beiträge zur Morph. u. Phys. d. P. Abth. III. S. 53.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin. W. A. Meyn lith.

die allmählig zum Mycelfaden (m') auswächst. Sechs bis zehn Tage nach der Aussaat auf die Erysiphe von einem Melilotusblatte sah de Bary neue Pycniden des Cicinnobolus sich entwickeln. Wahrscheinlich enthalten alle Mehlthau-Arten denselben Parasiten, der von früheren Beobachtern allerdings schon einmal für einen besonderen Pilz gehalten worden war. Cesati z. B. nannte ihn Ampelomyces quisqualis, bei Crocq hieß er Endogenium, bei Castagne Leucostroma infestans[1]), Ehrenberg bezeichnete denselben mit Cicinnobolus florentinus; von Rieß wurde er Byssocystis textilis genannt und nach de Bary heißt er jetzt Cicinnobolus Cesatii.

Aller Wahrscheinlichkeit nach ist dieser Pilz ein Pyrenomycet, da de Bary bereits ein ferneres Entwicklungsstadium in Form eines Dauermycels beobachtet hat, welches sich in den Erysiphenfäden entwickelt und dadurch, daß es wahrscheinlich auch in den Haustorien des Mehlthaues Platz greift, in Gestalt flacher gelblicher Scheiben auch innerhalb der Epidermiszellen der Nährpflanze im September und Oktober angetroffen wird.

Es wurde oben erwähnt, daß die Entdeckung des Parasitismus von Cicinnobolus leider kein praktisches Interesse böte. Wie wir gesehen, greift nämlich die Erysiphe schon in den ersten Stadien ihres Mycellebens die Nährpflanze an und hat meist den Schaden wohl schon verursacht, wenn der Cicinnobolus auftritt. Wir stehen daher in der Bekämpfung der Krankheit auf demselben Punkte, wie früher.

Glücklicherweise liegen eine Anzahl Beobachtungen vor, aus denen wir schließen können, daß es mit der Zeit gelingen werde, dieser Krankheit Herr zu werden.

Wir haben zunächst zu erwähnen, daß befallene Weinstöcke in einem folgenden Jahre wieder gesund werden können, daß also die Fortpflanzungsorgane der Erysiphe Tuckeri Berk., welche den Winter überdauern, wahrscheinlich nicht am Stocke überwintern.

Ferner hat man beobachtet, daß die verschiedenen Traubensorten nicht alle gleich stark vom Pilze befallen werden; am widerstandsfähigsten zeigten sich die Traminer und Rießlinge, wogegen Trollinger und Muscateller, Malvasier und verwandte blaue Traubensorten am meisten zu leiden hatten. Fuckel[2]) bezeichnet besonders die Fleischtrauben (Malvasier) als den eigentlichen Krankheitsheerd.

In Beziehung auf den Einfluß, welchen die Kulturmethode auf den Grad des Erkrankens ausüben kann, liegt eine Notiz von Conté vor[3]), welcher behauptet, daß an demselben Weinstocke die horizontal gezogenen Aeste von der Erysiphe Tuckeri befallen werden können, während die vertikalen davon befreiet bleiben.

In einer zweiten Abhandlung[4]) stellt Conté nach dreijährigen Beobachtungen

1) Montagne cit. in Bot. Zeit. 1854. S. 257.

2) Symb. myc. S. 79.

3) Compt. rend. 1868. t. 67. Nr. 25. S. 1268.

4) A. a. O. S. 1358.

folgende Sätze auf: Die Krankheit tritt hauptsächlich auf nach Uebermaß von Feuchtigkeit, zweitens bei horizontaler Lage der Fruchtreben, drittens bei Ueberladung an Trauben, viertens bei Ueberwucherung des Stockes durch benachbarte Pflanzen, fünftens bei großem Alter des Stockes und sechstens bei Düngermangel. Die Mehrzahl der von Conté angegebenen Beobachtungen wurde schon im Jahre 1860 von v. Mohl aus dem Berichte der englischen Gesandtschaften an ihre Regierung hervorgehoben [1]. Im Allgemeinen hatten bis dahin die südlichen warmen Gegenden mehr gelitten, wodurch v. Mohl auf die Vermuthung kam, daß der Pilz zu seiner vollkommenen Entwickelung eine etwas höhere Temperatur als die Weintraube zu ihrer Reife braucht. Ein zweiter, wesentlich begünstigender Faktor stellte sich in gesteigerten Feuchtigkeitsverhältnissen heraus, indem die Gegenden in der Nähe des Meeres und die Orte mit regelmäßigen häufigen Niederschlägen (Südabhänge der Alpen) besonders stark gelitten hatten, während manche, im Inneren von Spanien liegende, trockene Bezirke und das ein continentales Klima besitzende Ungarn damals beinahe frei ausgingen. Auch in denselben Oertlichkeiten zeigte sich der Unterschied der Lage von bedeutendem Einflusse, indem niedere und feuchte Lage die Krankheit befördert hatte, dagegen hoch und trocken gelegene Weinberge fast gänzlich verschont geblieben waren.

In Beziehung auf die Kulturmethode widersprechen aber die Berichte den Angaben von Conté, da in ersteren betont wird, daß eine niedere Erziehungsart von Nutzen sei. Trauben, welche unmittelbar auf dem Boden auflagen, waren vollkommen gesund. Alte Weinstöcke litten im Allgemeinen mehr, als die jüngeren Exemplare.

Auch Montagne (Coup d'oeil sur l'état actuel de la question relative à la maladie de la vigne, cit. in Bot. Zeit. 1854. S. 259) führt eigene Beobachtungen und Citate an, wonach die auf dem Boden liegenden Reben gesunde Trauben, die aufrecht gezogenen desselben Stockes dagegen erkrankte Früchte brachten. Danach sei das Niederhaken (provignage) der Reben oder wenigstens deren möglichste Annäherung an den Boden ein empfehlenswerthes Vorbeugungsmittel gegen die Krankheit. Ich füge hieran eine mündliche Mittheilung von Herrn Stoll, Direktor des pomolog. Institutes zu Proskau, wonach die erkrankten Trauben durch Ringeln der Reben zu vollkommener Ausbildung gelangen.

Zur Stütze der Ansicht, daß ungeeignete Ernährung eine Prädisposition für die Krankheit schaffe und damit zusammenhängend, daß gewisse Düngemittel dem Befallen entgegenwirken, ist folgende Beobachtung [2] zu erwähnen. Im Herbste wurde um jeden der erkrankten Stöcke ein Graben von 20 Cm. Tiefe gezogen und dieser Graben mit Holzasche ausgefüllt. Der Erfolg war ein gänzliches Ausbleiben

---

1) Reports of Her Majesty's Secretaries of Embassy and Legation on the Effect of the Vine disease etc., cit. in Bot. Zeit. 1860. S. 168.

2) Land- u. forstwirthschaftl. Zeit. zu Wien. 1867. S. 729.

der Krankheit an den gedüngten Stöcken; während die daneben stehenden ungedüngten vollständig in ihren Trieben und Trauben überzogen wurden. Diese Erfahrung läßt einen Kalimangel vermuthen.

Wirklich wird die Ansicht, daß Kalimangel eine Prädisposition für die Krankheit schaffe, auch aufgestellt und Sommer[1]) empfiehlt daher eine Düngung mit Jauche und Abraumsalz. Dabei macht S. aber auch die Bemerkung, daß luftige Lage die Weinstöcke auch einigermaßen gegen die Krankheit schütze.

Im Anschluß hieran ist eine Notiz aus Hoffmann's mykologischen Berichten[2]) zu erwähnen: Hohenbühel-Heufler beobachtete, daß gesunde Reben ganz plötzlich nach Sirokko-Wetter erkrankten, während Winde aus anderen Himmelsstrichen ohne schädliche Wirkung blieben. Hiernach wären trockene Winde oder, was wahrscheinlicher, vielleicht auch dadurch herbeigeführter schneller Temperaturwechsel als prädisponirendes Agens für die Krankheit anzusehen.

Während wir einerseits bemüht sind, derartige, die Krankheit begünstigende Ursachen zu vermeiden, sind wir andererseits im Stande, gegen den Parasiten direkt auch nicht ganz ohne Erfolg vorzugehen. Aus der rein äußerlichen Angriffsweise des Pilzes ist es erklärlich, daß hier äußerlich angewandte Mittel wirksam sind. Vor allen anderen Mitteln empfiehlt sich das Schwefeln d. h. das Ueberpudern der kranken Weinstöcke mit Schwefelblumen während des Morgenthaues oder nach vorhergehender Befeuchtung.

Man hat zahlreiche Instrumente construirt, die das Schwefeln schneller und vollständiger zu vollbringen bestimmt sind, als es mit der Hand möglich ist. Wir glauben jedoch von jeder Beschaffung kostspieliger Apparate abrathen zu müssen, weil einfachere denselben Zweck ebenso vollkommen erfüllen. Das Prinzip, nach welchem die meisten dieser Vorrichtungen gebauet sind, beruht auf Herstellung eines Handblasebalges, an dessen Spitze ein Behälter für Schwefelblumen angebracht ist, der in eine schnabelförmige Streu-Vorrichtung mündet. Noch billiger ist die Schwefelquaste. Dieselbe stellt einen Pinsel aus starken Wollfäden dar, die in einen siebartigen Blechboden derart gefaßt sind, daß zwischen je zwei Wollfäden ein Durchgangsloch in dem die Wollfäden haltenden Boden sich befindet. Der Stiel des Pinsels ist hohl. An seiner verschließbaren Spitze werden die Schwefelblumen eingeschüttet; dieselben fallen auf den Siebboden, der die Wollfäden hält und durch die freigelassenen Löcher zwischen die einzelnen Fäden des Pinsels, der sie bei geringem Schütteln sehr gleichmäßig über die Pflanze vertheilt. Ein einmaliges Schwefeln genügt in der Regel nicht; dennoch sind die günstigen Wirkungen desselben immer noch bemerkbar. So berichtet Sommer aus Edenkoben (Pfalz), daß die Weinberge in der Umgegend des Ortes ein bis drei Mal, ja bis sechs Mal geschwefelt worden sind. Die drei und sechs Mal geschwefelten Trauben befanden

1) Zeitschr. des landwirthsch. Vereins in Bayern 1868. Januar.
2) Bot. Zeit. 1869. S. 243.

sich in vollster Gesundheit, wogegen die ein Mal geschwefelten zwar noch vom Pilze überzogen blieben, aber immer noch besser waren als die nicht geschwefelten. Es empfiehlt sich, den Schwefel das erste Mal kurz vor der Blüthe, das zweite Mal kurz nach der Blüthe und das dritte Mal etwa im August aufzutragen.

Sommer schreibt den Erfolg des Schwefelns dem Einflusse der sich bildenden schwefeligen Säure zu. Direkte Einwirkung der Säure durch Aufstreuen des Schwefels auf Kohlenbecken hätte zwar gute Erfolge gehabt, sei aber nur bei vorsichtiger Handhabung zu empfehlen, da Blätter und Trauben leicht verbrannt werden könnten.

Ob die Wirksamkeit des Schwefelns wirklich in der Erzeugung von schwefeliger Säure zu suchen sei, ist aber doch noch fraglich, wenn man an die Folgen einer lang andauernden Wirkung der Säure denkt, die früher (S. 146) besprochen wurden und die Berichte über die Einwirkung größerer Massen schwefeliger Säure bei vulkanischen Ausbrüchen, wie z. B. die auf Santorin[1]), Naxos und andern Inseln im Jahre 1866, ansieht. Dort war die Säure kein Schutzmittel gegen die Krankheit; im Gegentheil waren die Verwüstungen größer als sonst, und Birn- sowie Citronenbäume sind ebenfalls krank geworden.

Statt des reinen Schwefels ist auch eine Mischung von Kalk mit Schwefel als Heilmittel empfohlen worden. Die Wiener landw. Zeitung vom Jahre 1868, Nr. 22 giebt ein Recept nach Prof. Peyrone. Ein Kilo Kalk, welches in 5 Kilo Wasser gelöscht wird und dem 3 Kilo Schwefel beigegeben werden, wird eine Stunde hindurch gekocht, bis der Schwefel gänzlich vermengt ist. Das Gemenge wird mit einem Hektoliter Wasser verdünnt und dann mit einem Mauerpinsel auf Trauben und Blätter aufgespritzt. Nach drei Tagen soll keine Spur des Pilzes vorhanden sein.

Neuerdings ist noch ein ähnliches Mittel gegen den Pilz angewendet worden. Nach Mittheilungen des Prof. Mangini[2]) im **Industriale Italiano** ist vom Baron Mandola eine feine schwefelhaltende Erde auf die erkrankten Theile mit sehr gutem Erfolge gestreuet worden. Diese aus Sicilien stammende Erde (**minerale greggio**) besteht nach Mangini aus 40 % Schwefel, 2 % Alkalien, 11,8 kohlensaurem Kalk, 4,2 Magnesia, Eisen, Thonerde, 36 % Gips und Spuren von Arsenik. In diesem Gemenge wird ebenfalls der Schwefel als das wirksame Agens zu betrachten sein.

An diese Angabe läßt sich eine Notiz reihen[3]), die allerdings nicht den Weinpilz, sondern den Rosenmehlthau betrifft, von dem man aber wohl dasselbe Verhalten wie bei dem Weinmehlthaue voraussetzen kann. Nach den Berichten des Dr. Wittmack über die internationale Gartenbauausstellung in Hamburg empfahl

1) Flora 1867. S. 236.

2) Wochenbl. der Annalen der Landwirthsch. in d. Preuß. Staat. 1871. Nr. 6.

3) Wochenbl. der Annalen d. Landw. in d. Kgl. Pr. Staat. 1870. Nr. 21.

Rosenzüchter Harmes das Bespritzen mit schwefelhaltigem Wasser gegen den Pilz, Prof. Schulze — Rostock dagegen präcipitirten Schwefel oder eine Lösung von 1 Theil Fünffach-Schwefelkalium in 100 Theilen Wasser oder 1 Theil schwarzer Seife in 50 Theilen Wasser; Prof. Hallier ungereinigte Schwefelblumen, Dr. Focke eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron in Wasser, Dr. Lucas — Reutlingen verdünnte Leimlösung (1 Pfund Leim auf 5—6 Gießkannen Wasser). Eichler — Potsdam entschied sich für Schwefeldampf. Nach Beobachtungen des Verfassers sind auch hier bestimmte Varietäten dem Erkranken besonders ausgesetzt. Namentlich sind hier Remontantrosen aus der Gruppe der Rosomênes zu nennen, wie General Jaqueminot, Géant de batailles etc. Man könnte auch hier noch das von Bouché[1]) gegen den Weinmehlthau empfohlene Mittel, nämlich das Waschen mit starker Holzaschenlauge anführen.

In neuerer Zeit hat sich bereits eine Versuchsstation mit dieser Frage beschäftigt[2]). Neßler in Karlsruhe sah am günstigsten den mit einer Puderquaste bei warmer Witterung aufgestreueten Schwefel wirken. Die Beeren wurden größer und schöner als alle anderen krank gewesenen, ja sie schienen sich besser zu entwickeln als die Beeren der nicht krank gewordenen Trauben.

Ein wesentlicher Unterschied in der Wirkung von Schwefelblüthe und gestoßenem Stangenschwefel konnte nicht gefunden werden, höchstens schien letzterer etwas besser an den Pflanzentheilen zu haften, als die erstere.

Der Leim, 2 Loth auf das Maaß Wasser, beseitigte die Krankheit; die Trauben blieben aber hinter den geschwefelten entschieden im Wachsthum zurück.

Die Auflösung von Catechu beseitigte ebenfalls die Krankheit; die Beeren der Trauben blieben aber noch kleiner als bei Leim.

Carbolsäure in concentrirterer Lösung als 1 auf 100 zerstörte die Trauben und hatte in verdünnterer Lösung keine Wirkung. Bei einigen Versuchen wurden Carbolsäuredämpfe an die Trauben geleitet. Da, wo dieselben sehr stark mit den Beeren in Berührung kamen, wurden diese zerstört, ohne daß an denselben Trauben von anderen Beeren die Krankheit entfernt worden wäre.

Es verdient schließlich ein Punkt dieser Untersuchungen noch besonders hervorgehoben zu werden, der für die Weinbergsbesitzer von Werth ist. Der Wein von geschwefelten Trauben zeigte nämlich einen starken Geruch nach Schwefelwasserstoff. Derselbe läßt sich allerdings durch öfteres Ablassen des Weines entfernen, weicht aber nur sehr langsam. Beim fünften Ablassen war er noch nicht gänzlich entschwunden. Schneller geht dies bei Anwendung von schwefeliger Säure (Einbrennen des Fasses), wobei Säure und Schwefelwasserstoff zersetzt und Schwefel auf dem Boden des Gefäßes alsbald abgesetzt wird. Bei dem Rothweine tritt aber bei An-

---

1) Bot. Zeit. 1853. S. 622.

2) J. Neßler: Bericht über die Arbeiten d. Großherzogl. Versuchsstation. Karlsruhe 1870, cit. in Hallier's Zeitschr. für Parasitenkunde. Bd. III. Heft 2. S. 214.

wendung der Säure stärkere Entfärbung ein und in Folge dessen wird man hier wohl bei dem Ablassen in nicht gebrannte Fässer bleiben müssen, wodurch die Entfärbung bedeutend weniger merklich ist.

Aus der Verschiedenartigkeit der bisher erwähnten, mit Erfolg angewendeten Mittel ersieht man, daß hier nicht ein spezifisch wirksamer Stoff zu suchen ist, sondern daß vielmehr durch verschiedene Stoffe ein bestimmter Zustand erzeugt wird, welcher der Pilzvegetation hinderlich ist. Man vermuthet, daß durch die staubförmig angewendeten Mittel einfach die Luft von dem Erysiphengeflecht abgehalten und dessen Erstickung dadurch bedingt wird. Wenn diese Annahme richtig ist, dann muß auch Straßenstaub so gut wie Schwefelblumen wirken. In der That hat Chretien[1]) im Jahre 1856 vor der Pariser Akademie der Wissenschaften die guten Wirkungen des Bestreuens mit Chausseestaub gegen die Erysiphe bestätigt, nachdem schon drei Jahre früher Eugen Robert das Mittel mit Vortheil angewendet hatte.'

Dieselben Erfahrungen finden sich auch in dem Berichte der englischen Gesandten vom Jahre 1859, auf den v. Mohl[2]) die Aufmerksamkeit gelenkt hat. In Spanien waren die Oertlichkeiten, welche an Chausseen liegen, und deren Pflanzungen so stark mit Straßenstaub bedeckt waren, daß sie Thonmodellen glichen, gänzlich von der Weinkrankheit verschont geblieben. Auch der Schwefel, sagt Mohl, wirkt nur dann, wenn er reichlich bei trockenem Wetter aufgestreuet wird. Bei trockener Witterung haben sich auch Kohlen- und Kalkstaub bewährt. Es bleibt bei allen diesen Angaben aber noch zu erörtern, ob nicht die Trockenheit der Luft bei wahrscheinlich lang anhaltender regenloser Witterung der Ausbreitung der Krankheit eine Grenze gesetzt hat.

Aus der sehr großen Anzahl von Mehlthau-Arten seien einige der wichtigeren nach de Bary[3]) erwähnt. Von den Erysiphen mit einem einzigen, selten mit zwei, achtsporigen Schläuchen, welche die Gattung Podosphaera Kze. darstellen, deren Haustorien anhangslos sind, unterscheidet man zwei Sektionen je nach der Gestalt der haarförmigen Anhangsorgane des Peritheciums. Die erste Sektion, Sphaerotheca Lév., hat haarförmige, einfache oder nur wenig unregelmäßig verästelte Appendicula. Es gehört hierher Podosphaera pannosa (Lk.) Tul. auf den krautartigen Theilen der Rosen- und Pfirsichbäume; ferner Podosph. Castagnei Lév. auf den Blättern von Wachtelweizen (Melampyrum silvaticum), Löwenzahn (Taraxacum officinale), Zweizahn (Bidens cernuus), Balsamine (Impatiens nolitangere), auf Gurken (Cucumis), Kürbis (Cucurbita), auf Hopfen (Humulus Lupulus), auf Wegebreit (Plantago), der Spierstaude (Spiraea Ulmaria), auf Potentilla, Sanguisorba etc. Endlich gehört hierher Podosph. Epilobii Lk. auf dem Weidenröschen (Epilobium roseum Retz).

Die zweite Sektion dieses Geschlechtes stellt die Gattung Podosph. Kze. und Lév. dar. Die hierher gehörigen Arten unterscheiden sich durch die an der Spitze wiederholt regelmäßig

1) Monatsschr. für Pomologie u. prakt. Obstbau von Oberdieck u. Lucas 1857. S. 322.
2) Bot. Zeit. 1860. S. 172.

3) Beiträge zur Morphologie u. Physiol. d. Pilze III. S. 47.

zweitheiligen Appendiculä von der Sektion Sphaerotheca. Es sind hierher zu rechnen Pod. tridactyla (Wall.) Tul. auf Schlehe, Hauspflaume und Faulbaum (Prunus Padus), Pod. myrtillina Kze. auf den Blättern von der Heidelbeere, Pod. Oxyacanthae DC. an den Blättern des Weißdorns.

Alle Mehlthauarten mit gekrümmtem Carpogon und 4 oder mehr Schläuchen in jedem Perithecium läßt de Bary bei der Gattung Erysiphe, die in einzelne Sektionen zerfällt; die Namen der Sektionen rühren von den Gattungsnamen her, in welche andere Autoren die Gattung Erysiphe zerspalten; jene vereinigen dann die Gattungen zu einer besonderen Pilzfamilie der Erysipheen. - Die erste Sektion ist Rhizocladia mit meist grundständigen und nur vereinzelten höher stehenden, dem Mycel verwebten, einfachen oder nur unregelmäßig verästelten Stützfäden. Hierher gehört E. lamprocarpa L. (E. Montagnei L. und E. horridula Lév., E. biocellaris Ehrbg.), mit in der Regel 8—12 zwei-, seltener dreisporigen Schläuchen. Sie kommt vor auf der Schwarzwurzel (Scorzonera hispanica), der Saudistel (Sonchus asper) und den Wegebreitarten (Plantago major und maritima), auf der Klette (Lappa tomentosa), der Wasserminze (Mentha aquatica), der Hundszunge (Cynoglossum officinale) und der Schwarzwurz (Symphytum offic.). Es ist ferner hierher zu rechnen Erys. Galeopsidis DC. auf Labiaten und Erysiphe communis (E. communis und Martii Lév.) mit ellipsoidischen Conidien auf Papilionaceen, der Feldskabiose (Knautia arvensis), der Ackerwinde (Convolvulus arvensis), dem Vogelknöterich (Polygonum aviculare) und dem Johanniskraute (Hypericum perforatum L.), sowie endlich auf Ranunculaceen (Ranunculus acris und repens, Aquilegia vulgaris). Es schließt sich hieran die Erysiphe Umbelliferarum, welche sich von E. communis weniger durch die Perithecien, als durch die genau walzenförmigen, an beiden Enden flachen Conidien unterscheidet; sie bewohnt die verschiedensten Doldengewächse. In diese Sektion gehört nach de Bary vermuthlich auch Erysiphe Tuckeri, die nach ihrem plötzlichen Erscheinen zu urtheilen, ein eingewanderter Schmarotzer sein möchte.

In die zweite Sektion (Trichocladia) mit einem mittelständigen Kranze aufwärts gerichteter, das Perithecium lang überragender Stützfäden rechnet de Bary die Erysiphe tortilis (Lév.) Tul. auf Cornus sanguinea und Erys. Astragali DC. (Calocladia holosericea Wallr.) auf Astragalus glycyphyllos L.

Die dritte Sektion, Calocladia Lév., hat Stützfäden, welche an der Spitze wiederholt gabelig getheilt, aber nicht hakenförmig gekrümmt sind und die aus der ganzen oberen Hälfte des Peritheciums entspringen. Hierher gehört E. Berberidis (Calocladia Berb. Lév. Tul.) auf den Blättern der gemeinen Berberitze und Erys. Grossulariae Lév. auf den Blättern der Stachelbeeren (Ribes Grossularia L.); außerdem E. Mougeotii Lév. auf dem Teufelszwirn (Lycium barbarum L.), welche der E. comata Fuck. auf den Blättern des Pfaffenhütchens (Evonymus europaeus L.) am ähnlichsten ist.

Zur vierten Sektion, Uncinula Lév., welche von der vorigen Sektion durch ihre einfachen oder gabeligen, an den Spitzen eingerollten Stützfäden unterschieden wird, gehören Erys. Populi DC. (Uncinula adunca Lév.) auf den Blättern von Populus fastigiata und Salix und E. Prunastri DC. (Uncin. Wallrothii Lév.) auf den Blättern der Schlehen, sowie E. Aceris DC. (Uncin. bicornis Lév.) auf Ahornblättern.

Die fünfte Sektion, Phyllactinia Lév., hat gerade, nadelförmige, am Grunde zwiebelartig verdickte Stützfäden. Hier findet sich nur eine Art, Erysiphe guttata Lk., deren einzelne Formen auf den Blättern von Crataegus Oxyacantha, Pyrus communis, Lonicera Xylosteum, Alnus, Fagus, Quercus, Betula, Carpinus, Fraxinus und Corylus beobachtet worden sind.

In die Nähe der Gattung Erysiphe stellt Karsten[1]) einen Pilz auf kranken Mohrrübenwurzeln. Die Wurzeln zeigten gelblich braune bis auf die Oberfläche tretende Flecke zwischen Innen- und Außenrinde, die mit Mycelfäden durchzogen waren. In feuchter Luft erhoben sich zarte Aeste des Pilzes (Helicosporangium parasiticum Krst.); die Aeste rollten sich an ihrem oberen Theile derartig schneckenförmig ein, daß die kugelig angeschwollene Endzelle von den oberen Stielzellen eingeschlossen war. In dieser mittleren Zelle zeigte sich später ein Schlauch mit acht kugeligen Sporen, wobei eine große Randzelle entleert erschien, die möglicherweise als Antheridium (Pollinodium) der centralen Zelle gegenüber funktionirt hatte. Die Frucht sieht einem kleinen Erysiphe-Perithecium nicht unähnlich.

B. Krustenpilze (Sphäriaceen).

An die Erysiphen schließen sich von den hier in Betracht kommenden Schmarotzern am natürlichsten die Sphärien an. Bei diesen haben aber die Perithecien eine regelmäßig entwickelte Mündung, aus welcher die Sporen austreten können. Der Entwicklungsgang der Sphärien ist complicirter als bei den Erysiphen; denn wir finden hier neben den Conidien noch andere Fortpflanzungsorgane, welche der Peritheciumfrucht mit ihren Ascosporen vorangehen, wie z. B. die Pycniden mit den Stylosporen.

Fast immer treten auch hier die Spermogonien mit ihren Spermatien auf, und ist auch bei sehr vielen Sphärien der vollständige Formencyclus, den sie durchlaufen, noch nicht aufgefunden, so läßt sich doch mit Sicherheit annehmen, daß derselbe sich an den der bisher vollständig bekannt gewordenen anschließt. In manchen Fällen läßt sich constatiren, daß einige der Entwicklungsformen fehlen, ähnlich wie bei den Rostarten die Uredoform und bei der Gattung Erysiphe die Pycniden- und Spermogonienform. Natürlich finden sich auch hier zahlreiche Beispiele dafür, daß die jetzt als Entwicklungsform einer Sphärie erkannten Gebilde früher als besondere Pilzspezies aufgeführt worden sind. Die hier zunächst zu besprechende Krankheit liefert sofort einen Beweis dafür.

I. Die Fleckenkrankheit der Erdbeerblätter[2]). Stigmatea Fragariae Tul., Sphaeria Fragariae Fuck. (Tafel XI.)

Leicht kenntlich für das unbewaffnete Auge sind die kreisrunden braunrothen Flecken, welche, getrennt oder zusammenfließend, auf der Oberseite der Erdbeerblätter erscheinen (Fig. 1). In der Mitte sieht man die etwa 3—5 Mm. Durchmesser haltenden Flecken (Fig. 1 t) bereits theilweis trocken geworden und verblaßt; dies kommt daher, daß das Parenchym des Blattes an dieser Stelle bereits aufgezehrt und vollständig saftlos ist. Allmählig hebt sich die ebenfalls trocken gewordene Ober-

1) Geschlechtsthätigkeit der Pflanzen in „Bot. Untersf." Heft I. S. 109.

2) Tulasne: Selecta fungorum carpologia II. S. 286.

haut von dem saftlosen Parenchym ab; in die Zwischenräume tritt Luft und nun erscheint der Fleck in der Mitte weiß mit einem rothen frischen Rande umgeben. Die rothe Farbe hängt von dem gefärbten Inhalte ab, den die vom Pilze noch nicht ausgesogenen Zellen der Umgebung zeigen. Im Inneren des Blattes nun wuchert das dünne, fadenförmige, blasse, selten etwas gefärbte Mycel, welches an die Blattoberfläche zahlreiche Büschel kurzer, mattgefärbter, linearer Basidien sendet, die auf ihrer Spitze einzelne oder zu langen, zurückgeschlagenen Ketten vereinigte Conidien tragen (Fig. 2 b). Die ausgebildeten Conidien (Figg. 2 c, 3 c und 4), welche an der Spitze der längsten Fäden entstehen, sind linearisch, gerade, beiderseits etwas zugespitzt, ungetheilt, oder zwei- bis vierfächrig, 0,03 — 0,04 Mm. lang, aber kaum 0,0035 Mm. dick. In der Jugend erscheinen die Basidien mit ihren Ketten noch weiß; sie werden jedoch bei zunehmendem Alter stets schwarzbraun. In Folge des Farbenunterschiedes haben die älteren Systematiker diese Conidienform in zwei verschiedene Pilzgenera gebracht, und zwar rechneten sie die weiße Form zur Gattung Cylindrosporium Grév., die dunkle zu Graphium Corda.

Die schwarzen, sparsameren Büschel pflegen nicht mit den weißen gemeinschaftlich in demselben Flecken vorzukommen; die ersteren sind in der Regel länger und dichter gestellt. Diese Bildungen sind im Sommer häufig anzutreffen, und ihre Keimung (Figg. 5 und 6) ist leicht zu beobachten; gegen den Winter hin entstehen Büschel sehr zahlreicher aus einander gehender Zweige, aus kettenförmig gestellten, leicht abfallenden, eilänglichen Conidien, welche kürzer als die Sommerconidien, bald weißlich, bald braun gefärbt sind, aber ebenso wie die Sommerconidien keimen (Fig. 8 c).

Die Kapseln (Pycniden), welche die zweite Art Knospen (Stylosporen) enthalten, sind früher ebenfalls als besondere Pilzspezies angesehen und als Ascochyta Fragariae Lsch. beschrieben worden. Dieselben brechen haufenweis aus dem Gewebe hervor als runde, ungeschnäbelte, sehr dünnwandige Körperchen von 0,12 — 0,16 Mm. Durchmesser. Die in ihnen enthaltenen Stylosporen sind oblonglinearisch, oben und unten stumpf, bald gerade, bald gekrümmt, 0,029 — 0,038 Mm. lang, 0,005 Mm. dick und durch drei Querwände in vier ziemlich gleiche Theile getheilt (Fig. 7); sie entstehen einzeln auf sehr kurzen Fäden (Sterigmen) und werden bei der Reife mattbraun.

Die Kapseln (Perithecien), welche die Ascosporen bergen, erscheinen zu Ausgang des Winters auf den welkenden, oder schon trocken gewordenen Blättern unter der aufgerissenen Oberhaut in einen Kreis gestellt rings um die blasse Zone, aus welcher die Conidien tragenden Büschel sich noch erheben. Diese dichten, schwarzen, fast kreisrunden Körper (Fig. 8 p) sind meist kahl, bisweilen aber auch mit einem Büschel conidientragender Fäden versehen (Fig. 8 d), wodurch sie den reinen Knospenbüscheln sehr ähnlich werden. Die in dem Perithecium vorhandenen Schläuche (Fig. 9) sind verkehrt eirund, fast sitzend, 0,03 — 0,04 Mm. lang und

achtsporig. Die Sporen sind länglich eirund, beiderseits abgerundet, ungleich zweifächerig, blaßbraun, 0,015 Mm. lang und 0,003 Mm. dick (Fig. 9 sp).

Während die Peritheeien mit den Sommerconidien auf denjenigen Sorten reichlicher beobachtet worden sind, welche große zuckerreiche Früchte tragen, fanden die Gebrüder Tulasne die Pycniden zahlreicher auf den kleinfrüchtigen, gewürzhaften Sorten, welche sich unseren Walderdbeeren nähern.

Ueber die Heilung der Krankheit liegen keine Angaben vor. Es dürfte aber ein Fall Erwähnung verdienen, der mir im Jahre 1866 zur Beobachtung kam. In Schönhausen bei Berlin erkrankten seit dem Winter 1865 eine große Anzahl Treib-Erdbeeren, die in sehr kräftigem Boden standen, derart, daß die jungen Erdbeerblätter während ihrer Entfaltung reichlich roth umrandete Flecken zeigten und in kurzer Zeit vertrockneten. Die charakteristischen Flecken der Blätter und die darauf gefundenen verzweigten Ketten der eilänglichen Conidienform zeigen die hier beschriebene Stigmatea an. Als die kranken Pflanzen im Frühjahre in lockeren Gartenboden gepflanzt wurden, verlor sich das Uebel.

Soweit ich ferner bis jetzt gesehen, tritt die überall anzutreffende Krankheit häufiger in lehmigem Boden, als in lockerem sandigem Terrain auf und ich glaube daher, man wird der Ausbreitung des Pilzes am besten entgegenarbeiten, wenn man die Erdbeeren in kräftigen aber lockeren Boden bringt.

II. Die Gelbfleckigkeit der Maulbeerblätter. Sphaeria Mori Nke.[1]

Die Krankheit ist leicht an den braunen Flecken kenntlich, welche in der Regel zuerst im Juli an den Blättern auftreten. Die Flecken breiten sich immer mehr aus, ergreifen auch die feinen Nerven und finden nur an den starken Rippen ihre Begrenzung. Nach v. Mohl[2], dem wir ein genaueres Studium der Krankheit verdanken, sind zwar die erkrankten Blätter den Seidenraupen nicht schädlich, weil dieselben die trockenen Stellen nicht fressen; aber der Baum selbst wird bedeutend durch die Krankheit geschädigt, da sein Blattapparat eine wesentliche Einbuße erleidet. Die Flecken erscheinen häufig auf der Oberseite etwas eingesunken und von dem gesunden Gewebe wallartig umgeben. Genauer betrachtet, erscheint die eingesunkene Stelle etwas höckerig, weil die der Epidermis der Oberseite angehörenden Zellen, welche die für die Urticaceen charakteristischen keulenförmigen Auswüchse (Gummikeulen, Traubenkörper) enthalten, weniger zusammenschrumpfen; als das übrige Gewebe. Die in der Nähe der Gefäßbündel verlaufenden Milchsaftgefäße zeigen einen geronnenen und gebräunten Saft. In der Mitte eines solchen braunen Fleckens bricht nun der Pilz in Form einer kleinen Pustel durch die Epidermis; dieser ersten Pustel folgen in der Regel noch mehrere auf demselben Flecken in

1) Sphaerella Mori Fuck., Septoria Mori Lév., Fusarium maculans Bér.

2) Bot. Zeit. 1854. S. 761.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin
W. A. Meyn lith

ringförmiger Anordnung nach. Je feuchter die Luft, desto mehr solcher Erhebungen treten auf und meist zeigen sich dieselben dann auch auf der Blattunterseite. Das Mycel des Pilzes verläuft in Form theils ungefärbter, theils mit goldgelben Oeltröpfchen angefüllter, gewundener, knotiger Fäden in den Intercellularräumen zwischen den bisweilen noch grünlichen, meist aber gebräunten Parenchymzellen. Die Fäden treten gegen die Epidermis hin zu einem ebenen oder flach convexen gelbbraunen Stroma zusammen, welches so dicht ist, daß es ein parenchymatisches Ansehen erhält. Diese braune Schicht ist auf ihrer, gegen die Epidermis gewendeten Seite dicht mit nebeneinander stehenden Fäden besetzt, welche eine gelbbraune, in's Grünliche spielende Färbung zeigen und gegen ihr oberes, abgerundetes Ende hin ziemlich farblos sind; sie bilden ein, bei auffallendem Lichte schwärzlich braun erscheinendes Polster, das von der aufgerissenen Epidermis kelchartig umgeben ist. Die Endzellen der Fäden dieses Lagers schwellen an, krümmen sich dabei bogig und stellen nun die Sporen dar, die in ungeheurer Anzahl, in Schleim eingebettet, als eine breit warzenförmige Masse hervorbrechen und einen mehr oder minder ausgedehnten, glatten, zusammenhängenden, röthlichbraunen Ueberzug bilden, der dann und wann mit weißlichen Efflorescenzen (einzelnen freien Sporen) bedeckt erscheint. Kratzt man die trockene Sporenmasse vom Blatte ab und bringt dieselbe in Wasser, so löst sich der sie verbindende Schleim und man erkennt jetzt die einzelne Spore als ein cylindrisches, meist gekrümmtes, mit 3—4 und mehr Querwänden, häufig nach unten zu mit einem dünnen Anhange versehenes Gebilde von etwa 0,05 Mm. Länge und 0,007 Mm. Dicke.

So weit nur gehen die Beobachtungen von Mohl, welcher aber schon die Vermuthung Tulasne's theilt, daß noch eine vollkommenere Entwicklungsform existiren müsse. Dieselbe zeigt sich nun in der That nach Fuckel häufig im Winter an abgefallenen Blättern von Morus alba; der eigentlich schädliche Theil ist aber die oben beschriebene Spermogonienform, gegen welche sich bis jetzt kein Mittel hat auffinden lassen, obgleich die Krankheit seit vierzig und mehr Jahren die Maulbeerpflanzungen aller europäischen Länder mit abwechselnder Intensität heimsucht und namentlich um so stärker aufzutreten scheint, je rauher das Klima ist[1]).

Alle mit der Sphaeria Mori zunächst verwandten und in die Unterabtheilung Sphaerella Fr. gezogenen Kernpilze sind sehr klein und mit bloßem Auge kaum zu erkennen. Häufig erscheinen sie in dreierlei Formen, von denen die Vorläufer der Schlauchform auf noch lebenden Blättern sich einnisten, während die letztere meist erst auf abgefallenen zur Entwicklung gelangt. Die Perithecien enthalten meist büschelförmig gestellte Schläuche mit je acht Sporen. Die Ascosporen sind größtentheils zweizellig, länglich eirund oder fast keulenförmig und wasserhell. Eine große Anzahl der hierher gehörigen Pilze bildet auf den Blättern scharf umschriebene Flecken; andere zeigen keine derartig scharf abgegrenzten Wachsthumsheerde.

1) Mohl a. a. O. S. 763.

Zu letzteren gehören die Sphaeria (Sphaerella) acerina Wallr., deren Spermogonium (Septoria aceris Berk.) auf lebenden Ahornblättern vegetirt; ferner Sp. Buxi Desm. mit der Spermogonienform Sphaeria delitescens auf der Unterseite welker Buxbaumblätter. Die Septoria Stellariae West. ist die Spermogonienform, welche auf den lebenden Blättern des Spergels (Spergula arvensis) und der Vogelmiere (Stellaria media) vegetirt; die dazu gehörige Schlauchform ist Sphaeria isariphora Desm. auf den welken Blättern der letzteren Pflanze.

Zu den scharf umschriebene Flecken erzeugenden Sphärien oder Sphärellen gehören Sphaerella Polypodii Rbh. mit den verschiedenen Formen auf der Oberfläche lebender Wedel vom Engelsüß (Polypodium vulgare L.), vom Wurmfarn (Polystichum Filix mas. Rbh.), vom braunstieligen Streifenfarn (Asplenium Trichomanes L.), vom Adlerfarn (Pteris aquilina L.). Von Sphaerella cinerascens Fuck. erzeugt die Conidienform (Cercospora Ariae Fckl.) auf der Unterseite lebender Blätter der Mehlbeere (Sorbus Aria Crntz.) weiße, kaum sichtbare, auf der Blattoberseite gelblich erscheinende Flecken im Sommer; die Schlauchform erscheint erst auf den faulenden Blättern im nächsten Frühjahre. Sphaerella Vitis Fckl. bewohnt in der Conidienform die lebenden Blätter des Weinstocks im August und September. Der Pilz verursacht eine frühe Entblätterung und wird dadurch schädlich. Die Blätter zeigen oberseits viele schnell sich ausbreitende, hellbraune, dürre Flecken. Die Schlauchform (Sphaeria Vitis Rabh.) erscheint im Herbst an verwelkten Weinblättern.

Die Sphaerella sentina Fckl. hat eine Spermogonienform (Depazea pyrina Riess, Septoria nigerrima Fckl.), welche die lebenden Birnenblätter oft derartig weißfleckig macht, daß manche Blätter ganz grau erscheinen und sicherlich bedeutende Störungen in ihren Funktionen erleiden. Hier erscheinen Standortsverhältnisse von wesentlichem Einflusse und einzelne Varietäten sind ganz besonders befallen. Auf strengem Lehmboden litten die Pflanzen am meisten. Die Schlauchform (Sphaeria sentina Fr.) erscheint im Winter auf dürren Birnblättern. Auf der Berberitze erscheint im Herbst auf den lebenden Blättern eine Spermogonienform (Phyllosticta Berberidis Rabh.), welche zu Sphaerella Berberidis Fckl. (Sphaeria Berberidis Nke.) gehört, die auf den faulenden Blättern im Winter sich ausbildet. Aehnliche scharf umschriebene Flecken finden sich noch auf sehr vielen Pflanzen. Wir schließen mit der, in ihrer Entwicklung noch nicht sicher erkannten Depazea Betaecola, die bisweilen den Blattkörper der Runkelrüben fast vollständig überziehen kann. Fries[1]) betrachtet diesen Pilz als eine Form von Sphaeria (Depazea) vagans; andere Formen derselben Art sollen die Depazea Malvaecola auf Malven, D. Atriplicicola auf Melden, D. Scabiosicola auf Skabiosen darstellen. Depazea Spinaciae Fr. erzeugt verwaschene grauschwarze Flecken auf dem Spinat.

III. Rußthau des Hopfens. Fumago salicina Tul.[2]). (Tafel XII.)

Der ganze Formenreichthum der Kernpilze entwickelt sich bei denjenigen beiden Pilzgattungen, welche zu den allerverbreitetsten und gekanntesten gehören. Sie bilden

1) Systema myc. II. 532.

1) Syn. nach Tulasne (S. Fungorum Carp. II. S. 281) a) für die Conidienform: Fumago foliorum Pers., Fumago vagans Pers., Fum. Persicae Turp., Dematium salicinum A. et S., Cladosporium Fumago Lk. Rab., Syncollesia foliorum Agardh., Torula Fumago Caval. Fr. (Tulasne möchte noch hierher ziehen Torula pityophila Chev. auf der Edeltanne, Abies pectinata DC. und dem Haidekraute, Erica vulgaris L. b) Für die schlauchtragende Form: Capnodium salicinum Mont., Capnodium sphaeroideum de Lerx.)

die meisten schwarzen Ueberzüge, sowohl auf abgestorbenen, als noch lebenden Pflanzentheilen, welche dadurch krank werden. Man glaubt zunächst, es mit einem Ueberzuge von Ruß, der auf Blättern und Stengeln zu einer Kruste verkittet ist, zu thun zu haben, bis die nähere Prüfung die Zusammensetzung der Kruste aus Pilzelementen zeigt. Wir finden hier einen vierfachen Generationswechsel, indem sich zuerst Conidien bilden, denen alsbald Spermogonien, Pycniden und Schlauchfrüchte folgen. Die eine Gattung (Pleospora) überzieht in ihren zahlreichen Arten überwiegend solche Pflanzentheile, welche sich der Reife nähern oder bereits abgestorben sind. Die andere Gattung **Fumago**, welche nur in wenig Arten existirt, ist dagegen gefährlicher; sie bildet auf kräftig vegetirenden Blättern zusammenhängende schwarze Krusten, welche das Blatt dem Einflusse des Lichtes entziehen und durch Verstopfung der Spaltöffnungen die Respiration bedeutend stören können. Die verderblichsten Folgen sehen wir von dem Rußthaue des Hopfens, **Fumago salicina Tul.**

Ungefähr im Juli erhalten die Hopfenblätter das Aussehen, als wenn sie stellenweis mit feinem Ruß überzogen wären (Fig. 1). Dieser allmählig immer dicker werdende Ueberzug löst sich endlich in Stücken von der Blattoberfläche ab. Das darunter liegende Gewebe erscheint dann gelb und ausgetrocknet, und das Blatt hat zu arbeiten aufgehört. Die Vorläufer des Rußthaues sind häufig die Blattläuse und mit ihnen ihre Feinde, die schwarzen Larven des Marienkäferchens (Coccinella). Die Praktiker haben daher das Erscheinen des Rußthaues in einen causalen Zusammenhang mit den Blattläusen zu bringen versucht, und in der That läßt sich ein solcher insofern annehmen, als das auf den Blättern ausgeschiedene Excret der Aphiden einen sehr günstigen Nährboden für das Mycel des Pilzes zu bilden scheint. Die Beobachtungen von Fleischmann und Hirzel[1]), daß die Pflanzen, die unmittelbar neben den befallenen Hopfengärten standen, nur in geringem Maaße vom Pilze zu leiden hatten, läßt sich bei der geringen Auswahl, welche Fumago betreffs seiner Nährpflanze macht, ebenfalls als ein Beweis für Begünstigung seiner Vegetation durch die Blattläuse ansehen.

In den ersten Stadien seiner Entwicklung entgeht der Pilz häufig der Beobachtung, da er zunächst eine weißliche, durchscheinende, sehr dünne, der Unterlage fest anhaftende Schicht von annähernd klebriger Beschaffenheit bildet. Diese Schicht ist aus kugelrunden, nur 0,003 — 0,005 Mm. dicken, matt gefärbten, einen ölartig aussehenden Inhalt führenden Zellchen gebildet (Fig. 2 h), welche im Wasser alsbald mit einem Keimschlauche keimen (Fig. 6). Auf dieser Schicht entstehen nun die charakteristischen, schwarzen, schwach verästelten, hin- und hergebogenen Mycelfäden, welche etwa 0,008 — 0,01 Mm. dick und kurz septirt sind. Häufig bilden sich rosenkranzförmige schwarze Ketten (Fig. 2 f). Bald darauf entstehen sehr verschiedenartig aussehende Fortpflanzungsorgane von schwarzer Farbe und sehr

1) Landwirthschaftl. Versuchsstationen 1867. Bd. IV. S. 178 und 339.

variabeler Größe; sie erscheinen bald als große, schwarze Zellhaufen (Fig. 2 z), bald als kleine cylindrische bis eiförmige vielfächerige Knospen (Fig. 7), welche in Wasser in wenigen Stunden lange Keimschläuche treiben; daneben erscheinen aber auch kugelrunde, braune, vielkammerige, oft stachelige Sporen, die bis 0,02 Mm. Durchmesser haben und welche vorzugsweise aus der primären weißlichen Schicht zu stammen scheinen.

Aus diesen verschiedenen Knospen sowohl, als auch direkt aus den Mycelfäden erheben sich zarte, sparsam septirte Hyphen meist einzeln oder in lockeren Büscheln, welche alsbald ausgebreitete oder zusammengezogene Trugdolden von wiederholt gabelig sich verzweigenden Conidienketten tragen (Fig. 2 c t). Die Conidien sind eirund und glatt (Fig. 2 c), von verschiedener Dicke, bald einfächerig, bald aber auch größer und mit 2—3 Querwänden versehen.

Während dieser überreiche Knospenapparat eine äußerst schnelle Ausbreitung des Pilzes ermöglicht und die in kurzer Zeit sich weit ausdehnenden, schwarzen Ueberzüge bildet, verdickt sich einfach die aus weißlichen Zellen gebildete, zuerst erschienene Schicht, das H y p o s t r o m a, welches erst bei der Bildung der zusammengesetzteren Fruchtkörper zur Ernährung derselben verbraucht wird. Dies findet im Herbste statt. Der Pilz stellt in diesem Stadium eine dichte, von der Unterlage nicht schwer lösliche, tiefschwarze, unterseits glatte, oberseits mit vielen Vorsprüngen versehene Kruste dar, welche die verschiedenen Sporengehäuse trägt (Fig. 3). Diese Gehäuse (conceptacula), die dickwandig, schwarzgrün und häufig lang ausgezogen sind, repräsentiren dreierlei Formen; erstens macht sich eine Spermogonienbildung kenntlich, welche als kleinere, dunkler gefärbte Gehäuse mit unbewehrter, abgestumpfter enger Ausgangsmündung erscheint (Fig. 3 s p g). Die darin enthaltenen Spermatien (Fig. 3 s p) sind sehr klein, gerade, linearisch, kaum 0,0035 Mm. lang, bleich und durchscheinend; sie werden, in einen farblosen Schleim gehüllt, ausgestoßen. Eine zweite in der Regel größere Form mit verjüngter Spitze und einer mit abstehenden Haaren besetzten Ausgangsöffnung, ist als die Pycnidenform zu betrachten (Fig. 3 p); sie enthält eirunde oder länglich eirunde, schwarze, durch 3—5 Querwände und bisweilen einige unregelmäßige Längswände gefächerte Sporen von 0,013—0,016 Mm. Länge und 0,0065—0,01 Mm. Breite (Fig. 3 s t, und im sprossenden Zustande Fig. 8). Manchmal sind die Pycniden, welche bisweilen $^1/_2$ Mm. Höhe erreichen, gabelig getheilt (Fig. 3 g) und der eine Ast entleert Spermatien, während der andere Stylosporen entläßt. Nicht selten sieht man aus einzelnen Stellen der Wandung kurze Fadenenden in Gestalt von Haaren hervorsprossen (Fig. 3 h). Die dritte vollkommenste Kapselform sind die Perithecien, welche in Farbe den Spermogonien ähnlich, sich durch ihren kugelig angeschwollenen Gipfel auszeichnen, und welche bisweilen ebenfalls mit einem kurzen Aste versehen sind; sie enthalten je 10—15 verkehrt eiförmige, sitzende Schläuche von 0,04—0,06 Mm. Länge und 0,02—0,025 Mm. Dicke (Fig. 3 s).

Jeder Schlauch enthält acht Sporen; dieselben sind mehrkammerig, verkehrt

eirund, schwarz, glatt, unbewehrt, 0,022 — 0,026 Mm. lang und 0,009 bis 0,013 Mm. dick (Fig. 4 sp). Die Reife der Sporen beginnt schon im Herbste; die Mehrzahl derselben aber erscheint erst im Winter und Frühjahre, und einigermaßen günstige Vegetationsbedingungen rufen in kurzer Zeit die Keimung hervor (Fig. 5). Entweder entstehen jene kurzgliederigen weißlichen Ketten oder das sich bald braunfärbende langgliederige Mycel mit seinen verschiedenen Knospenbildungen, die sämmtlich in sehr kurzer Zeit keimen oder aber auch gleich Conidienträger entwickeln können. Diese letzteren sind es, welche den besten Beweis für die merkwürdig leichte Vermehrung des Pilzes liefern. Nicht allein, daß ihre zahlreichen Conidien alsbald keimen oder sprossen, sondern sie selbst sind im Stande, von der Mutterpflanze gelöst und in größeren Stücken in Wasser gebracht, sich zu einem neuen Mycelfaden zu entwickeln (Fig. 9)[1].

Wir sehen also, daß, wenn günstige Entwicklungsbedingungen für den Pilz vorliegen, derselbe Organe zur schnellen und sicheren Vermehrung genügend besitzt, um die Krankheit in kurzer Zeit über große Strecken zu verbreiten. Abgesehen nun von einem Zustande der Hopfenpflanze, in dem dieselbe vielleicht einen günstigeren Mutterboden als gewöhnlich für die Fumago darstellt, werden auch äußerliche Verhältnisse, wie geschlossene Lage und feuchte Witterung der Vermehrung des Rußthaues sehr günstig sein. In dieser Beziehung wird also ein recht luftiger Standort der Hopfenpflanzen das beste Vorbeugungsmittel gegen die Krankheit, welche überhaupt in den unteren Regionen der Hopfenpflanze am intensivsten auftritt, abgeben. Ist der Pilz einmal verbreitet, so hat ihn bis jetzt kein Mittel zu entfernen vermocht; auch das mehrfach empfohlene Bespritzen mit Kalkwasser hat sich als unwirksam erwiesen.

Ein Vertilgungsmittel des Pilzes wird auch deßhalb schwerlich mit Erfolg anzuwenden sein, weil zu viel andere Pflanzen dem Schmarotzer als Wirth dienen, die stets neue Infektionsheerde abgeben. Als solche Wirthspflanzen finden wir Linden, Ulmen, Pappeln, Birken, Weiden, Eichen, Pflaumen, Quitten, Weiß-

---

1) Ein ähnlicher Formenreichthum und eine ebenso schnelle Vermehrung, dabei sehr ähnliche Mycel- und theilweise auch Conidienformen, welche einen gleich aussehenden schwarzen Ueberzug bilden, besitzt auch die Gattung Pleospora, so daß es zunächst schwer ist, zu bestimmen, welcher Pilz den Ueberzug hervorruft. Es kommt dazu, daß bei beiden Gattungen die Anhaltspunkte fehlen, die eine bestimmte Nährpflanze bei anderen Pilzen liefert. Daher ist es nicht zu verwundern, daß man noch in neueren Veröffentlichungen den Rußthau des Hopfens der Pleospora zuschreibt. Die Frage ist aber eigentlich schon 1833 durch Wallroth erledigt worden, und auch Kühn spricht sich für die Fumago als Ursache des Rußthaues aus.

Wallroth (Flora crypt. Germaniae II. S. 168) sagt: Cladosporium Fumago Lk. Ad foliorum vivorum paginam superiorem . . . . . . sub dio et in caldariis vigentium passim aestate praeprimis calida post pluvias. (Hoc scilicet, Humuli pestem, quam Goetheus noster sciscitatur, constituit naturamque vegetabilem penitus exuit.)

dorn, Aepfel; ja vermuthlich können fast alle unsere Gehölze den Pilz beherbergen.

Möglicherweise haben wir es mit verschiedenen Arten zu thun, von denen jede ihren bestimmten Kreis von Nährpflanzen hat. Tulasne[1]) giebt schon zwei verschiedene Typen an, von denen er die eine auf den Blättern der rothholzigen Cornelkirsche (Cornus sanguinea L.), die andere auf der Zitterpappel (Populus tremula L.) beobachtet hat. Fuckel[2]) unterscheidet bereits eine Art als Fumago Tiliae, eine andere als Fumago Lonicerae von der hier beschriebenen F. salicina Tul.

IV. Die Schwärze (Pleospora).

Im Gegensatze zur vorigen Gattung besitzt die Gattung Pleospora eine größere Menge von Arten auf den allerverschiedensten Nährpflanzen. Das Mycel kriecht nicht nur, wie bei Fumago auf der Oberfläche der befallenen Pflanzentheile, sondern dringt auch bisweilen in das Innere des Nährgewebes ein und verursacht dadurch eine dunkle Verfärbung desselben. Bei einigen Arten findet dieses Eindringen erst nach dem Absterben des Pflanzentheiles statt; bei anderen, ächt parasitischen dagegen geschieht dies schon während des Lebens und hier wirkt dann der Pilz besonders zerstörend. Nicht selten sieht man das Mycel in Form kurzgliedriger Ketten innerhalb gestorbener Thierleiber, wie der Blattläuse und der Milben.

Die Conidien, welche das Mycel auf verschieden gestalteten Trägern entwickelt, bieten ebenfalls eine große Mannigfaltigkeit; bald sind sie eirund, bald oblong oder linearcylindrisch, häufig vielkammerig, schwarzgrün oder olivenfarbig oder braunschwarz und bei ihrem leichten Auskeimen sehr geneigt, bald wieder Knospen zu bilden. Sie stehen entweder auf steifen haarförmigen Trägern einzeln, oder bilden auch lange, verzweigte Ketten. Die Pycniden stellen kugelrunde, in eine Papille oder sogar in einen Schnabel ausgezogene, gesonderte Körper dar, die meist einfach und glatt, bisweilen aber auch mit Borsten versehen sind. Manche von ihnen sind keine Kapseln, sondern solide Körper[3]). Die sehr kleinen, bisweilen wie Spermatien aussehenden Stylosporen sind eirund oder kurz cylindrisch grade und blaß; sie treten in Ranken aus der Pycnide.

Die Perithecien sind eirund, etwas zusammengedrückt oder kegelförmig, mit kurzer Papille versehen, nicht mit einander verbunden, sparsam oder in mehrfachen Kreisen gemeinschaftlich vorhanden, schwarz, hart, glatt oder behaart. Im letzteren Falle sind die Haare bisweilen steif und tragen an ihrer Spitze Conidien. Die Schläuche in den Perithecien sind oblong oder linearisch cylindrisch, an der Spitze

1) a. a. O. S. 284.
2) Symb. myc. S. 142.
3) Tulasne: S. fung. carp. II. S. 260.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin

W. A. Meyn lith

stumpf, nach der Basis hin etwas verschmälert, achtsporig; ihre Wandungen lassen eine dünne, quer aufreißende äußere und eine dickere, schleimig aufquellende innere Membran unterscheiden. Die in eine oder zwei Reihen innerhalb des Schlauches geordneten Sporen sind eirund bis spindelförmig, meist beiderseits stumpf und unbewehrt, durch mehrere Querwände gefächert und in den Querfächern auch noch mit einzelnen Längswänden versehen.

Die allergewöhnlichste **Pleospora**, die meist nur auf trockenen oder faulenden Stengeln der verschiedensten krautartigen Pflanzen im Herbst, Winter und Frühjahr angetroffen wird, ist die **Pleospora herbarum Tul.**, welche durch die wechselnde Gestalt ihrer Conidien und die verschiedenartige Ausbildung der Basidien von den Pilzforschern im Laufe der Zeit mit einer großen Summe von Namen belegt worden ist[1]).

Von dieser **Pleospora herbarum Tul.** mit ihren länglich eiförmigen, beiderseits abgerundeten, mauerförmig gefächerten Schlauchsporen unterscheidet Fuckel[2]) die eine andere Gruppe repräsentirende **Pleospora Napi** durch ihre spindelförmigen, bisweilen schwach gebogenen zehnfächerigen Schlauchsporen. Letztere Art hat als Conidienform den von Kühn[3]) als Rapsverderber beschriebenen Pilz.

1) Der Rapsverderber, die Schwärze des Rapses. Pleospora Napi Fuck.[4]).

Die ersten Stadien der Krankheit zeigen sich als punktförmige oder strichartige schwarze Häufchen, die schnell an Größe zunehmen. Am meisten in die Augen

---

1) Der Knospenzustand von Pleospora herbarum Tul. ging bis zum Jahre 1863, wo die klassischen Arbeiten der Gebrüder Tulasne erschienen, als Cladosporium herbarum Lk., der 1816 diese Art aufstellte, nachdem er dieselbe im Jahre 1809 als Acladium herbarum Lk. aufgestellt hatte. Im Jahre 1794 hatte Persoon bereits dieselbe Pflanze als Dematium herbarum Pers. beschrieben und später als Dematium vulgare in seinen Werken fortgeführt. De Candolle hatte die Pflanze Byssus herbarum bezeichnet. Der englische Mykolog Berkeley beschrieb dasselbe Cladosporium im Jahre 1838 als Macrosporium Sarcinula Berk. Außerdem führen Tulasne noch folgende Gattungen auf, welche mindestens theilweis hierher zu ziehen sind: Mystrosporium pyriforme Mag., Helmisporium tenuissimum Kze. seu clavuligerum Nees., Helminthosporium Cheiranthi Lib., Macrosporium tenuissimum et Mac. Cheiranthi Fr., Puccinia Cheiri Lest., Conoplea s. Elosia Eryngii Pers., Exosporium Eryngii Duby.

Diese Namen beziehen sich sämmtlich nur auf die Conidienform dieser einzigen Pleospora herbarum; ihre Pycnidenform wurde beschrieben als Cytispora orbicularis Berk. und Phoma herbarum West., die Perithecienform wurde meist als Sphaeria herbarum Pers. aufgeführt; derselbe Pilz ist aber auch gemeint mit der Pleospora Asparagi Rabh., Pl. herbarum Rabh. und Sphaeria mucosa Pers.

2) Symb. myc. S. 136.

3) Krankheiten der Kulturgew. S. 165.

4) Syn. Polydesmus exitiosus Mont., Sporidesmium exitiosum Kühn.

springend sind diese Häufchen auf der, dem Lichte zugewendeten Seite der Rapsschoten an Lagerpflanzen. Bei Beginn der Krankheit ist das die schwarzen Flecken umgebende Gewebe der Schote noch frisch grün, später jedoch wird dasselbe mißfarbig und schrumpft zusammen, was zur Folge hat, daß die Schoten schon bei dem leisesten Drucke ihre Samen ausstreuen. Die dunklen Häufchen zeigen bereits die Conidienträger, welche das Mycel sehr bald, nachdem es einige Zeit im Inneren des Pflanzentheiles vegetirt hat, entwickelt. Diese vielkammerigen Conidien wechseln in ihrer Gestalt. Die häufigste Form ist die mit eiförmiger Basis und lang ausgezogener, bisweilen schnabelförmiger Spitze; sie entstehen entweder einzeln auf kürzeren, mit Scheidewänden versehenen Stielchen oder aber in langen, bis zehngliedrigen Ketten über einander, wobei der Schnabel der einzelnen Conidien kürzer wird.

Diese Knospen keimen ungemein schnell (oft schon nach einstündigem Liegen in Wasser) mit wasserhellen Keimschläuchen, die sich im Sonnenscheine am kräftigsten entwickeln und selbst ein kurzes Eintrocknen vertragen.

Die Keimfäden dringen durch die Spaltöffnungen des Pflanzentheiles ein und sind bald auch im Inneren der Zellen nachzuweisen; hier verursachen sie zunächst eine körnige Trübung des Inhalts, der später, wie die Zellwände braun wird; diese braune Färbung erstreckt sich auch auf die Zellwände der benachbarten Zellen. An dem Mycel im Inneren lassen sich keine Scheidewände erkennen; dagegen bilden sich später Hyphen mit deutlicher Gliederung aus und vereinigen sich zu einem dichten Stroma, das nun als Aeste die angeschwollenen Basidien aussendet, welche die Oberhaut des Pflanzentheiles durchbrechen und, während sie sich deutlich gliedern, an ihrer Spitze die Conidien bilden. Bewahrt man dieselben trocken auf, so bleiben sie den ganzen Winter über keimfähig. Auch im Freien findet man den lebenden Pilz während des Winters unter der Schneedecke an den Blättern von Raps, Rübsen und Hederich. Wenn man Blätter dieser Pflanzen mit kleinen braunen runden Flecken besetzt antrifft, so kann man mit ziemlicher Sicherheit darauf rechnen, auch die Pleospora zu finden, da Kühn durch Aussaat der Conidien direkt solche Flecken erzeugt und somit den Nachweis geführt hat, daß der Pilz, welcher früher als Ursache der Flecken unter dem Namen Depazea Brassicae beschrieben worden, identisch mit der Pleospora Napi ist. Die reifen Früchte des Pilzes bilden sich nach Fuckel erst im Frühjahre an den dürren Stoppeln von Raps und Rübsen.

Auch hier bei dieser Krankheit ist es nicht möglich, den Pilz selbst anzugreifen. Abgesehen davon, daß das Mycel durch pilztödtende Mittel im Inneren des befallenen Pflanzentheiles nicht erreicht wird, ist auch die Uebertragung eines so leicht sich vermehrenden Pilzes von wilden Pflanzen nicht zu vermeiden, unter denen, außer den obenerwähnten, noch Diplotaxis tenuifolia DC. in Betracht zu ziehen ist.

Wir sind also bei dem Ankämpfen gegen die Krankheit nur darauf angewiesen, durch Drillkultur und passenden Boden möglichst kräftige, gleichmäßig sich entwickelnde Pflanzen zu erziehen und dieselben nöthigenfalls noch nicht ganz ausgereift zu ernten, wenn wir sehen, daß der Pilz seine Verwüstungen beginnt. Nach Kühn[1]) soll weder die Keimkraft noch der Oelgehalt des Samens leiden, wenn man die noch nicht ganz reifen Pflanzen in Haufen setzt und nachreifen läßt. Die Haufen müssen so gesetzt sein, daß die Fruchtstände nach innen zu stehen kommen und von oben, sowie von den Seiten durch das Stroh gedeckt sind. Doch muß durch lockeres Setzen dafür gesorgt sein, daß die Luft frei durch den Haufen streichen kann, und nur Sonne und Regen abgehalten werden.

2) Die Schwärze der Mohrrüben, Sporidesmium exitiosum var. Dauci Kühn,

wird durch eine Varietät des Rapsverderbers hervorgerufen. Es zeigen sich zuerst die äußeren, später auch die inneren Blätter schwarzfleckig. Bisweilen tritt damit in Verbindung eine Erkrankung des Wurzelkörpers ein, der ebenfalls von der Schwärze überzogen wird. Dies kann so weit gehn, daß die ganze Wurzel sich mit einer braunvioletten genarbten Kruste bedeckt. Die ersten Spuren zeigen sich in Form dunkler erhabener Punkte, die sich allmählig immer mehr ausbreiten und endlich sogar den Kopf der Mohrrübe erreichen. Die in der Jugend ungefärbten Mycelfäden des Pilzes dringen in das Gewebe ein und verursachen zunächst eine etwas derbere Beschaffenheit des Gewebes, das aber bald darauf in den naßfaulen Zustand übergeht. Pflanzen auf nassen Feldern scheinen am meisten der Krankheit ausgesetzt zu sein und daher dürfte sich Drainage als das beste Vorbeugungsmittel empfehlen.

3) Die Schwärze oder der Rußthau der Runkelrüben, Rübentödter, Helminthosporium rhizoctonon Rabh.,

ist eine jedenfalls mit der vorigen nahe verwandte Krankheit. Die Blätter sind hier allerdings meist mitleidend, bisweilen aber ganz gesund; der Hauptsitz der Krankheit ist von vornherein der Wurzelkörper. Es bilden sich nämlich in feuchtem, undrainirtem Lande bei den verschiedensten Fruchtfolgen und Rübenvarietäten, besonders wenn frischer Mist in Frühjahrsdüngung gegeben ist, zunächst an der Spitze der feinen Würzelchen glatte braune Flecke aus, die allmählig die ganze Rübe überziehen. In gleichem Maaße mit der Verbreitung der Flecken nimmt die Fäulniß des Rübenkörpers zu. Die Flecken entstehen durch das knäuelartige

---

1) a. a. O. S. 168.

Zusammentreten der langgliederigen Pilzfäden auf der Epidermis; ein Theil der Myceläste dringt in das Innere der Rübe und ruft dort die Fäulniß hervor. Ebenso wie bei der Schwärze der Mohrrüben, dürfte künstliche Entwässerung das beste Palliativmittel sein, welches auch seine Bedeutung beibehält, wenn wir die weiteren Vermehrungsorgane, die der Pilz unzweifelhaft besitzt, kennen gelernt haben, und dadurch vielleicht auch noch auf andere Angriffsweisen des Schmarotzers aufmerksam gemacht worden sind. Das Helminthosporium ist nämlich bestimmt nur eine Conidienform eines Pyrenomyceten und zwar, wie wir glauben, einer Pleospora. Ob die Meinung von Karsten[1]) richtig, daß der Pilz auf der Rübe nur eine Form des Rapsverderbers mit seitenständigen Conidien sei, läßt sich vorläufig nicht entscheiden. – Wohl aber liegen bereits andere Beobachtungen vor, nach denen die Gattung Helminthosporium als Knospenform einer Pleospora auftritt. So giebt Fuckel[2]) an, daß die Conidienform von Pleospora Herniariae, welche im Herbste auf dürren Blättern und Stengeln der Herniaria glabra erscheint, einem Helminthosporium gleicht. Dasselbe gilt von Pleospora Eudiusae auf trockenen Stengeln und Hülsen von Eudiusa hirsuta.

Eine weitere Knospenform, die zu einer Pleospora gehört und vorläufig den Namen Sporidesmium putrefaciens führt, erzeugt die Herzfäule der Runkelrüben[3]), welche derartig an Ausdehnung gewinnen kann, daß im September die Blätter vollständig schwarz überzogen erscheinen.

Von den (außer obigen) von Fuckel noch aufgezählten 42 Arten von Pleospora, welche meist an bereits abgestorbenen Pflanzentheilen vegetiren, dürfte eine Art Pleospora Pisi darum von Interesse sein, weil dieselbe die Schwärze oder den Rußthau der Erbsen hervorruft. Der Pilz erscheint in feuchten Jahren nicht nur auf den trockenen Stengeln der Erbsen, sondern auch auf den reifenden Hülsen, namentlich bei gelagerten Pflanzen. Die Conidienform dieses Pilzes unterscheidet sich nicht von der Fadenpilzgattung Stemphylium polymorphum Cd.

In demselben Jahre, wo durch den Pilz ein bedeutender Ausfall in der Erbsenernte eintrat, verlor ich auch einen bedeutenden Theil Mohnköpfe durch die Schwärze, die hier durch eine Conidienform erzeugt war, die als Fadenpilzgattung (Hyphomycet) zu Sporidesmium gerechnet werden muß. Namentlich litten daran die zum Zweck der Opiumgewinnung geritzten Kapseln.

Im Anschluß hieran ist zu betrachten die

1) Annalen der Landwirthsch. 1865. S. 231.

2) Symb. myc. S. 131.

3) Eidam: der gegenwärtige Standpunkt der Mycologie 2c. 2. Aufl. S. 114.

4. Schwärze oder der Rußthau der Eriken, Stemphylium ericoctonum A. Br.[1])

Die Krankheit ist darum von Wichtigkeit, weil sie in milden Wintern in den Glashäusern diese beliebten Cappflanzen epidemisch befällt. Die Pflanzen werden welk, die jungen Triebe gelb- oder rothfleckig; ältere vertrocknen und werden schmutzigbraun. Schüttelt man derartig erkrankte Pflanzen, so fallen sämmtliche Blätter, mit Ausnahme der jüngsten Blattbüschel, ab, so daß die Eriken ein besenartiges Ansehen bekommen. Die Ursache ist in der Vegetation des äußerst feinen Stemphylium zu suchen, dessen etwa 0,003 Mm. dicke Fäden zu feinen, dem bloßen Auge schwer erkennbaren, der Oberhaut fest anliegenden Flecken zusammentreten, oder zwischen den Haaren der Blätter als seilartige Stränge ein feines Gespinnst darstellen. Die anfangs ungegliederten, farblosen Mycelfäden erhalten später eine braungelbe Wandung und vereinzelte Scheidewände. An den senkrecht aufsteigenden Aesten bilden sich alsbald Conidien. Dieselben sind entweder oval bis oblong, kaum dicker als der Pilzfaden und einzellig, oder bedeutend größer und dicker und zweifächerig (wobei jedes Fach durch eine Längswand sich abermals theilen kann, die Spore also vierfächerig wird). Sie besitzen meist ganz kurze eigene Stielchen und stehen entweder doldenartig auf längeren Aesten oder einzeln auf kurzen Ausstülpungen des Mycelfadens; sie sind farblos, wie das junge Mycel, das sie erzeugt. Auf dem älteren, braunen Mycel hört die Bildung farbloser Conidien fast ganz auf, dagegen erheben sich dort auf kurzen Stielchen entweder einzeln oder in kurzen, etwa viergliedrigen Reihen größere, braune kugelige oder ovale vielkammerige Conidien, von denen jede einzelne einen zierlichen 16—24 zelligen maulbeerförmigen Körper darstellt, dessen Längsdurchmesser etwa 0,03 Mm., dessen Breite durchschnittlich 0,018 Mm. beträgt.

Schon nach 24 Stunden sieht man sowohl aus den farblosen, als aus den dunkelbraunen vielzelligen Conidien zarte Keimschläuche sich entwickeln, welche durch die Spaltöffnungen der Unterseite in das Blatt eindringen; jedoch ist der schädliche Einfluß, welchen der Pilz ausübt, weniger von den eindringenden Mycelfäden herzuleiten, da sich im Innern des Parenchyms nur ziemlich selten Pilzfäden erkennen lassen, als vielmehr dem auf der Oberfläche befindlichen Mycel zuzuschreiben. Sobald sich dasselbe zeigt, wird der Inhalt der vorher grün- oder rothgefärbten Zellen braun und zerstört, worauf die Zellen schrumpfen und allmählig vertrocknen. Ist die Luft der Glashäuser feucht und wenig bewegt, wie dies bei milden Wintern in kalten Glashäusern vorzugsweise der Fall ist, dann sind die Vegetationsbedingungen für den Pilz ungemein günstig und seine Vermehrung durch schnelles Auskeimen der Conidien außerordentlich beschleunigt; daher sieht man dann sehr schnell

1) Ueber einige neue oder weniger bekannte Krankheiten der Pflanzen rc. von A. Braun, Caspary und de Bary. Berlin 1854. S. 18.

die braunen Flecken des durch den Pilz zerstörten Gewebes sich über die ganze Blattfläche und über die ganze Pflanze ausbreiten. Dadurch wird der frühe Blattabfall und entweder der Tod oder doch ein derartiges schlechtes Aussehen der Pflanze herbeigeführt, daß sie für gärtnerische Verwendung unbrauchbar bleibt.

Glücklicherweise giebt es ein Mittel, der Zerstörung des Pilzes einigermaßen vorzubeugen. Man halte die Pflanzen im Hause bei trüben, warmen Wintern so trocken, wie möglich, so daß sie selbst zu welken beginnen, wenn plötzlicher (dann durch Schattendecken zunächst abzuschwächender) Sonnenschein eintritt. Bei dieser trocknen Behandlung aber lüfte man, so lange die Temperatur es irgend erlaubt.

Man kann sich leicht überzeugen, daß die Eriken nicht leiden, wenn sie kurze Zeit einer Temperatur unter Null ausgesetzt und die Töpfe einmal angefroren sind; dagegen sind sie in ihrer Ruheperiode sehr empfindlich gegen Nässe. Sollte es nicht möglich sein, durch Lüften allein die feuchte Luft des Hauses zu verbessern, so empfiehlt es sich, täglich etwas zu heizen und dann zu lüften. Heizen bei geschlossener Luft bringt die Eriken in Trieb und vergrößert den Schaden [1].

Ein wahrscheinlich verwandter Rußthau überzieht auch die Correa-Arten bisweilen in dem Grade, daß die Pflanzen unbrauchbar werden. Der Pilz, von de Bary als Torula Correae beschrieben, ist jedenfalls auch nur Conidienform.

5. Der schwarze Rotz der Hyacinthen. Pleospora Hyacinthi m.

Soweit die noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen über die Krankheiten der Hyacinthenzwiebeln reichen, gehört ein Pilz in die Gattung Pleospora, der in großer Ausdehnung in manchen Jahren die Kulturen dieses Zwiebelgewächses heimsucht und bedeutenden Antheil an der Erscheinung nimmt, daß ganze Felder der Pflanzen zu Grunde gehen.

An der trocknen Zwiebel macht sich die Krankheit dadurch kenntlich, daß auf der Außenseite der Schuppe rundliche oder strichförmige, schwarze, erhabene, feine Flecken erscheinen, die meist isolirt, zuweilen aber auch mit einander vereinigt vorkommen. In den Jahren, in welchen die Krankheit epidemisch auftritt, finden sich außerdem noch Zwiebeln mit großen dunkelen, genarbten Krusten ziemlich häufig. Diese Krusten bestehen aus dicht mit einander verklebten, weiten Pilzfäden, deren Glieder im Verhältniß zur Breite kurz zu nennen sind. Die Wandung der äußeren Fäden ist braun, die der im Innern gelegenen ist fast farblos. Die Krusten stellen sich als Dauerformen eines Mycels dar, das auf der Schuppe in isolirten ungefärbten, dünneren, reich septirten und verästelten Fäden sich hinzieht.

Ein zweites, abweichend gebautes Mycel im Inneren der Schuppen entsendet

---

1) Auch auf dem gewöhnlichen Haidekraute (Calluna) Erica vulgaris L. ist ein Pilz beobachtet worden, der den Namen Torula pityophila Chev. führt und von Tulasne (Sel. fung. carp. II. 281) zu Fumago gerechnet wird.

einzelne dickere, senkrecht aufstrebende Aeste, welche die Oberhaut durchbrechen, an das Licht gelangt, sich dunkelbraun färben und an ihren Spitzen meist büschelförmig braune, etwa eirunde oder spitzeirunde, durchschnittlich vierfächerige Conidien entwickeln. Neben diesen treten auf kürzeren Stielen fast alle Modifikationen von Conidien auf, wie sie bei Pleospora herbarum beobachtet werden. Diese Büschel von Conidienträgern stellen die kleinen, vorerwähnten schwarzen erhabenen Flecken auf den Schuppen dar. Im Allgemeinen erinnern die Conidienträger an die von Pleospora polytricha; dann und wann erscheinen bei Kulturen auf Objektträgern Formen, die den Conidienträgern von Pl. pellita ähnlich sehen. Aber auch Ketten, wie sie bei dem Rapsverderber vorkommen, oder bei Pleospora herbarum auftreten, sind bei Objektträger-Kulturen beobachtet worden. Die keimenden Conidien bilden je nach ihrer Ernährung bald dickästige, bald schwächliche Mycelien. Auf der Zwiebelschuppe selbst und auf dem Objektträger in Zuckerlösung bilden sich sehr reichlich kurzgliederige, fast rosenkranzartige Mycelketten, deren einzelne Glieder reichlich plasmatischen Inhalt und eine schnell sich bräunende Wandung besitzen. Die Glieder der Ketten brechen leicht aus einander und stellen nun wieder Vermehrungsorgane des Pilzes dar.

Außer diesen Knospenformen finden sich auf stark erkrankten Schuppen hier und da kleine, meist kugelrunde Gehäuse mit vorgezogener Mundöffnung. Bei gelindem Drucke oder Wasserzutritt entlassen dieselben in einer Schleimranke sehr zahlreiche kleine, farblose, eirunde Zellen, deren Keimung noch nicht beobachtet worden ist und von denen man also noch nicht sagen kann, ob es Spermatien oder Stylosporen sind. Perithecien mit Schläuchen sind noch nicht aufgefunden worden; die definitive Bestimmung des Parasiten ist daher noch nicht möglich. Nach Stellung, Form und Entwicklung der Conidien, sowie nach der Ausbildung des Mycels glaube ich den Pilz zu Pleospora rechnen und als Pleospora Hyacinthi einführen zu können.

So lange die Krankheit in den bisher beschriebenen Entwicklungsstadien sich befindet, stellt sie die „Hautkrankheit der Zwiebeln“ dar, welche anfangs nicht von Bedeutung zu sein scheint. Ihre Gefährlichkeit erlangt sie erst, wenn kranke Zwiebeln dauernd in sehr feuchtem Medium sich befinden, namentlich wenn man sie längere Zeit in Wasser kultivirt.

Es entwickelt sich dann eine Wasserform des ersterwähnten farblosen Mycels, in ungewöhnlicher Ueppigkeit. Die Glieder werden sehr lang, ihr Lumen größer, ihre Wandungen dünner, ihr Inhalt bedeutend wässeriger; das Protoplasma nimmt ein schaumiges Aussehen an. Die Zweige, welche bei trockner Aufbewahrung zu cylindrischen Conidienträgern werden, erscheinen blasig aufgetrieben und bilden Verästelungen, die den Opuntien nicht unähnlich sehen.

Das Mycel dieses Pilzes, der auf trockenen Zwiebeln sehr wenig entwickelt ist, stellt nun eine schleimige weißliche Masse dar, die sich in der Erde oder dem Wasser weithin ausbreitet und sicherlich die Krankheit im Boden von Zwiebel zu Zwiebel

fortzupflanzen im Stande ist. Der schleimigen Wasserform verdankt jedenfalls die Krankheit den Namen „Rotz“.

Ein Zusammenhang des braunwandigen Pleospora-Mycels mit dem, welches die opuntienförmigen Aeste erzeugt, wurde bis jetzt nicht erkannt; sicher ist es aber, daß beide Mycelien zur Zerstörung der Zwiebel beitragen. Bei den Kulturen ist es gelungen, das Wassermycel auf Objektträger zu leiten und dabei zu beobachten, wie die blasig aufgetriebenen Aeste zur Bildung eines erst weißlich flockigen, später festen, braunrandigen Dauermycels zusammentraten, das den erstbeschriebenen Krusten gleicht.

Diese Dauermycelform dürfte die Ursache sein, weßwegen die Praxis den Rotz als „schwarzen Rotz“ bezeichnet zum Unterschiede von dem „weißen Rotz“, welcher ebenfalls durch einen Pilz hervorgerufen wird. Dieser, mit der Pleospora nicht selten gemeinschaftlich auftretende Parasit ist eine Nectriee und zwar, wie mir scheint, ein Hypomyces. Durch ihn wird die Zwiebel in eine schmierige, sehr übelriechende, gelbliche Masse verwandelt, in welcher sich die mennigrothen, birnenförmigen, mit lang vorgezogenem, gekrümmten, gelben Halse versehenen Perithecien ausbilden.

Beide Krankheiten sind gut charakterisirt und von einer dritten, am weitesten verbreiteten Krankheit, der Ringelkrankheit, zu unterscheiden. Bei der Ringelkrankheit, die in einzelnen Schuppen von oben nach dem Zwiebelboden hin fortschreitet, werden niemals schleimige Auflösungsprodukte gebildet. Die Zwiebeln, auf denen unter allen Umständen sich ein Penicillium ansiedelt, vertrocknen. Die Ursache der Ringelkrankheit ist noch nicht festgestellt.

Mangel an Material verzögert den Abschluß der Untersuchungen. Bei der Bedeutsamkeit dieser Krankheiten für die Zwiebelkulturen aber mögen diese vorläufigen Notizen wenigstens dazu dienen, die Beobachtung der einzelnen Fälle zu erleichtern.

Im Anschluß hieran möchten wir eine Beobachtung von Hoffmann [1]) erwähnen. Dieselbe betrifft den Hexenbesen der Kiefer, dessen Ursache in einem Falle in Cladosporium entoxylinum und penicillioides gefunden wurde. Diese beiden Hyphomycetenformen von Ascomyceten entwickeln ihr Mycel in der Rinde eines dadurch fleischig aufgetriebenen Astes. Von da aus dringen die Mycelfäden in die dünneren Zweige und endlich in die Nadelpaare, deren Längenwachsthum dadurch bedeutend zurückbleibt. Allmählig werden auch die ganzen Nadeln durchwuchert, indem der Pilz von Zelle zu Zelle wandert und deren Absterben herbeiführt. Aeste seines Mycels dringen nun durch die Spaltöffnungen nach außen und erzeugen die charakteristischen Conidienbäumchen.

Theilweis dieselben Conidienformen sah Karsten bei einer Krankheit der Kiefern, die er für eine von Pilzvegetation begleitete Schütte anzusehen geneigt ist [2]). Die

1) Mykologische Berichte 1871. S. 38.

2) „Botanische Untersuchungen“. Berlin 1865. Heft I. S. 50—67.

Nadeln der diesjährigen Zweige erscheinen theilweis oder gänzlich grau gefärbt, tragen meistens kleine schwarze, erhabene Flecken und hier und da weiße sehr kleine Harzperlen. Diese Verfärbung, der ein baldiges Abfallen der Nadeln folgt, findet sowohl bei jungen als alten Kiefern statt und erstreckt sich oft auf ganze Aeste, ja selbst auf ganze Bäume. Das Gewebe der erkrankten Nadeln ist von farblosem Mycel durchzogen; auch in dem Rinden- und Markparenchym der Zweige ließ sich Mycel nachweisen; dasselbe unterscheidet sich jedoch von dem der Nadeln durch seine Olivenfarbe, wodurch es dem bloßen Auge als schwarze Längsstreifen kenntlich wird. Nach einigen Wochen ist dies Mycel verschwunden und nur vereinzelte stachelige Kugeln bleiben übrig. Den Pilz nennt Karsten Uredo conglutinata. Aus den mikroskopischen Blattschnitten entwuchsen bei Kultur in feuchter Kammer Conidienformen, welche die alten Fadenpilzgattungen Sporidesmium Lk. und Cladosporium Lk. darstellten. Das Cladosporium war das obenerwähnte Cl. penicillioides Preuss und eine Varietät davon. Das Sporidesmium stellte Sp. atrum Lk. vor. Diese Formen wurden auch im Februar auf frisch gesammelten kranken Nadeln gefunden, und hier zeigten sich die Hyphen theils aus den Spaltöffnungen, theils aus den durch eine Stilbospora hervorgebrachten Rissen hervorbrechend.

Da sich jedoch nicht mit Sicherheit feststellen ließ, daß diese Pilze die Veranlassung zur Erkrankung waren, so ist ein weiteres Eingehen auf die Krankheit bei dem Mangel einer bestimmten anderen Ursache hier nicht angezeigt.

Ein anderes Cladosporium (Cl. polymorphum Peyl.) mit gallertartigem Mycel bildet hieroglyphische Figuren auf Butterbirnen, welche davon faulen[1]).

V. Die Federbuschsporen der Gräser, Dilophospora graminis Fuck.

Wir können die Gruppe der Rußthaupilze nicht verlassen, ohne den oben genannten Schmarotzer kurz erwähnt zu haben. Derselbe ist bis jetzt bei uns nur auf Wiesengräsern beobachtet, in Frankreich dagegen auf Roggen und in England in großer Ausdehnung auf Weizen gefunden worden, und es dürfte daher nicht zu verwundern sein, wenn auch unsere Getreidepflanzen plötzlich einmal daran erkrankten. Die ersten Nachrichten über diese eigenthümliche Sphäriacee stammen von Fries[2]) aus dem Jahre 1829. Er beschreibt sie als Sphaeria Alopecuri, die im westlichen Frankreich auf den Halmen von Alopecurus agrestis schmarotzt. Eine eingehendere Behandlung erfährt der Parasit im Jahre 1840 durch Desmazieres (Annales de sc. 2. ser. XIV.). Im Jahre 1861 beschrieb ihn Fuckel[3]) unter dem Namen Dilophospora Holci, da er ihn auf den Blattscheiden vom Honiggrase (Holcus lanatus) beobachtet hatte. Zwei Jahre später lenkte Schlech-

---

1) Hoffmann: Mykol. Ber. in d. Bot. Zeit. 1866. S. 221.
2) Elenchus fungorum. Vol. II. S. 90 (durch Druckfehler).
3) Bot. Zeit. 1861. S. 250.

tendal[1]) die Aufmerksamkeit abermals auf diesen Pilz durch Erwähnung der Untersuchungen Berkeley's in der Agricultural-Gazette. Berkeley beobachtete nämlich im Oktober 1862 den Pilz auf Aehren eines Weizenfeldes bei Southampton, welches derart geschädigt war, daß $^1/_4$ der gesammten Aehren vollständig körnerlos und die besten nur mit 2—3 leidlich entwickelten Körnern versehen waren. In der Regel waren nur wenige Spelzen vollkommen ausgebildet, wenn man von den Spitzen absieht, die auch hier wie abgekneipt und versengt aussahen; meist waren die Spindel und bisweilen auch die Spelzen in eine weiße fleischige Masse verwandelt, in welcher schwarze, glänzende, hier und da weißumrandete Punkte saßen. Diese stellten eine Fruchtform des bald näher zu betrachtenden Pilzes dar, welchen Karsten[2]) zu Ende der sechziger Jahre am Schafschwingel (**Festuca ovina**) beschrieb.

Den bisherigen Beobachtungen war es aber nicht gelungen, den ganzen Entwicklungscyclus des Pilzes festzustellen; derselbe wurde erst durch Fuckel im Jahre 1870/71[3]) bekannt.

Auf den bisher erwähnten wilden Gräsern, denen sich noch Alopecurus pratensis und Agrostis als Mutterpflanzen anschließen, bemerkt man auf den Blattscheiden, die nicht selten noch den Blüthenstand einschließen, erst gelbliche, dann schwarze, gelblich umrandete Flecken. Ist der Blüthenstand entwickelt, finden sich solche Flecken auf dem Stengel und bisweilen auch auf den Spelzen. An den Flecken erscheinen im Innern des zwischen den Gefäßbündeln liegenden Parenchyms die Mycelfäden des Schmarotzers, von denen sich die dreifächerigen, kurz gestielten ellipsoidisch-lanzettlichen Conidien erheben, welche an ihrer Spitze ein wenigstrahliges Büschel einfacher oder getheilter Fäden tragen und die frühere Pilzgattung **Mastigosporium album Riess** darstellen.

In einem späteren Entwicklungsstadium der Krankheit hat das Mycel fast gänzlich das Nährparenchym des, mittlerweile schwarz gewordenen, Pflanzentheiles verdrängt und eine dichte Masse gebildet, welche eine größere Anzahl dunkelgrauer bis schwarzer, mit einander nicht verschmolzener kugeliger, kaum an der Spitze in einen kurzen Hals ausgezogener, weißumrandeter Kapseln umgiebt. Die Oeffnung der Kapseln befindet sich in der fast unveränderten Oberhaut des Pflanzentheiles.

Der Kapselinhalt stellt sich dar als grauweiße Substanz, die aus zarten cylindrischen, oft gekrümmten, an beiden abgestutzten Ecken mit einer Haarkrone versehenen Sporen besteht. Diese doppelte Haarkrone macht aus den Sporen sehr zierliche und charakteristische Gebilde; da dieselben nicht in Schläuchen innerhalb der schwarzzelligen weiten Kapseln sich befinden und ihre Keimung durch Karsten nachgewiesen worden, so sind sie als Stylosporen und die Kapseln somit als Pycniden aufzufassen.

---

1) Bot. Zeit. 1863. S. 245.
2) Bot. Untersuchungen: Ueber Eigenthümlichkeiten einiger Sphärien Stylosporen. S. 336.
3) Symbolae myc. S. 130 und 1. Nachtrag. S. 12.

Die Keimung der Stylosporen ist höchst eigenthümlich, wenn auch eben nicht charakteristisch für diese Gattung. Die cylindrischen Gebilde erscheinen nämlich in kurzer Zeit in der Mitte eingeschnürt und zu beiden Seiten der einschnürenden Wand zwiebelig angeschwollen, wodurch die ganze Spore in zwei kegelförmige, mit ihren breiten Basen verbundene Hälften getheilt wird. An dieser eingeschnürten Stelle brechen die Hälften aus einander und treiben hier einen Keimschlauch, während der aus feinen, meist einmal gabelig gespaltenen Haaren bestehende Federbusch allmählig verschwindet.

Obgleich die von Karsten bisher allein unternommenen Impfversuche auf gesunde Pflanzen kein günstiges Resultat ergeben haben, so ist doch kaum zu zweifeln, daß durch diese Stylosporen die Fortpflanzung der Krankheit stattfinden kann. Wahrscheinlich überwintert auch ein Theil dieser Knospengebilde in den Pycniden, während in anderen Fällen in denselben Fruchtkapseln, die vorher Stylosporen getragen haben, sich bis zum folgenden Frühlinge die eigentlichen, in einen Stiel verjüngten Fruchtschläuche mit je 8, dicht bei einander liegenden, spindelförmigen, etwas gekrümmten, an beiden Enden mit einem fadenartigen Anhängsel versehenen, schwach gelblichen, vielkammerigen Sporen ausbilden, mit deren Keimung eine neue Generation beginnt.

Die Bekämpfung der Krankheit wird sich namentlich gegen die Pycnidengeneration zu richten haben, da die Schlauchform auf den abgestorbenen Halmresten im Frühling schwerer zu entdecken ist. Abmähen und sorgfältiges Nachsammeln der erkrankten Pflanzen dürfte das einzige Mittel sein, das Erfolg verspricht, wenn es bei dem ersten Erscheinen der Krankheit angewendet wird.

Wenn wir den Untersuchungen von Fuckel folgen, so haben wir jetzt eine Pilzgattung zur Besprechung zu ziehen, welche unbedingt zu den verheerendsten gehört:

VI. Die Wurzeltödter. Byssothecium Fuck. Rhizoctonia (DC.) Tul.

Mit dem Namen Rhizoctonia ist bisher ein charakteristisch gebauetes Mycel bezeichnet worden, das die Zerstörung der unterirdischen Organe verschiedener Kulturpflanzen bewirkt.

Neuerdings ist nun die Weiterentwicklung des Mycels auf einer einzigen Kulturpflanze, der Luzerne, beobachtet worden und es hat sich dadurch ergeben, daß in diesem einen Falle das bisher als Rhizoctonia bezeichnete Mycel zu einer den Pleosporen nahestehenden Pilzgattung gehört, welche den Namen Byssothecium erhalten hat.

Es wäre aber voreilig, aus diesem einzigen Falle schließen zu wollen, daß alle die gleich aussehenden Mycelien nun zur Gattung Byssothecium gehören und es ist daher gerathener, nach wie vor, die nur in ihrem Mycelzustande als Rhizoctonien bekannten Pilze unter diesem Namen weiter zu führen.

Das Rhizoctoniamycel besteht aus langen, verzweigten, septirten, verschieden dicken Fäden, welche bald als dichte Schicht die unterirdischen Pflanzentheile über-

ziehen und tödten oder in Form rundlicher oder mehr gestreckter, dicker, solider Mycelballen, Dauermycelien auftreten. Auf dem ausgebreiteten Mycel entstehen sehr häufig halbrunde, kleine, dichte, fleischige Pilzmassen, welche sich bald durch ihre Farbe von dem fädig bleibenden Myceltheil unterscheiden. Man hatte dieselben, ihrer großen Aehnlichkeit mit Sphäriaceen-Perithecien wegen, auch mit dem Namen Perithecium oder Peridiolum bezeichnet, obgleich man zur Zeit der Benennung noch keine Sporen aufgefunden hatte.

Dünne Schnitte haben nur zunächst erkennen lassen, daß diese Perithecien aus kurzen linearischen Fadenenden bestehen, die, bogig aufsteigend, dicht an einander gelegt sind. Im äußeren Umfange sind diese Fäden dicker und dunkler, im Inneren bleich und fast durchscheinend. Spätere Untersuchungen haben bei dem auf der Luzerne schmarotzenden Pilze wirklich nachgewiesen, daß diese dunklen Kapseln nicht nur Perithecien, sondern auch Pycniden darstellen.

Am verderblichsten ist bisher die **Rhizoctonia** den Kulturen des Safrans (**Crocus sativus L.**) geworden. Leidet dadurch auch immer nur eine auf bestimmte Oertlichkeiten beschränkte Kultur im Großen, die unseren Verhältnissen ferner liegt, so haben wir trotzdem allen Grund, die größte Aufmerksamkeit der Entwicklung und Verbreitung des Schmarotzers zuzuwenden, da nach den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen der Gebrüder Tulasne[1]) es eben derselbe Pilz ist, welcher auch unsere angebauten Futterpflanzen, wie die Luzerne (**Medicago sativa**) und (allerdings seltener) den Klee (**Trif. prat.**), sowie die Hauhechel (**Ononis spinosa**) befällt. Ebenso soll derselbe Parasit auf dem Spargel (**Asparagus officinalis**), der Färberröthe (**Rubia tinctorum**) und an den Wurzeln der Orangenbäume (**Citrus Aurantium**) sich einfinden.

1. Die Krankheit des Safrans, Safrantod.
Rhizoctonia violacea Tul. [1])

Gegen Ende des Frühjahres und im Laufe des Sommers, also in der Ruhezeit der Crocuszwiebel erscheint der Pilz[2]). Sehr kleine Haufen weißer Fäden treten zunächst auf der Innenseite der Zwiebelschalen grade da auf, wo die vertrocknete Hülle dem frischen Zwiebelkörper aufliegt, und zwar zunächst genau gegenüber den Stellen, wo die Spaltöffnungen an der Zwiebelknolle sich befinden.

Bald darauf gehen von diesen flockigen Häufchen reichliche Fäden strahlig nach allen Seiten aus und bilden allmählig einen dünnen Ueberzug über die ganze Innenseite der Zwiebelschale. An Stelle der Häufchen selbst entstehen dagegen dichte, fleischige, kegelförmige Wärzchen, welche, wie der ganze filzige Ueberzug der

1) Tulasne: Fungi hypogaei S. 188.

2) Syn. Sclerotii spec. Pers., Tuberis spec. Bull., Tuber parasiticum Bull., Sclerotium crocorum Pers., Tuber croci Dubois, Rhizoctonia crocorum DC.

Zwiebelschale, eine tief violette Färbung annehmen. Diese Wärzchen, welche den Sphärienperithecien ähnlich, wachsen nun mit ihrer Spitze in den gegenüberliegenden frischen Zwiebelkörper insofern hinein, als sie sich gleichsam in die trichterförmige Oeffnung, in deren Grunde die Spaltöffnung liegt, hineindrücken, so daß dadurch die Funktion der Spaltöffnung gänzlich aufgehoben werden dürfte. Der Bau dieser Wärzchen, die als Perithecien angesprochen werden mögen, ist äußerst schwierig zu erkennen. Ein Durchschnitt in ganz jugendlichem Zustande, wenn also die Zwiebel selbst noch gesund ist, zeigt ein dichtes, feuchtes, schwach fadenartiges Gewebe; die einzelnen Fäden convergiren nach der Spitze hin. An der Peripherie bilden sie eine dunklere Rindenschicht.

Das außerordentlich schnell wachsende Mycel durchbricht alsbald die lockere faserige Schuppe und schreitet nach außen hin immer weiter fort, bis endlich die älteren, äußeren Schuppen gänzlich eingesponnen und verklebt, eine zusammenhängende Hülle bilden, an deren Oberfläche üppig das violette Mycel weiter vegetirt, während es zwischen den Schuppen selbst abstirbt. Die Fäden, welche auf der Oberfläche erscheinen, haben einen mittleren Durchmesser von 0,0065 Mm.; sie umkleiden entweder die ganze Crocuszwiebel als gleichmäßige dicke Hülle, oder bilden auch größere längliche oder abgerundete knollenartige Anhäufungen, während gleichzeitig reichliche Fadenstränge von der Zwiebelknolle aus in den Boden gehen und, die Bodenpartikelchen mit einander auf ihrem Wege verklebend, bis an benachbarte, noch gesunde Zwiebeln herantreten, um denselben den Tod zu bringen. In diesem Falle findet die Infektion durch den Pilz von außen nach innen statt. Ueberall sind die Fäden zuerst weißlich, dann rostfarbig und endlich violett; die Zellen, die sie zusammensetzen, werden kürzer, dicker und unregelmäßiger, sobald sie zur Bildung der dichten Mycelknollen, der Dauermycelien, zusammentreten.

Die Consistenz dieser dichten knollenartigen Fadenanhäufungen ist filzartig; ihre Färbung in der Mitte dunkler, als am Rande; wenn sie sich bilden (und sie bilden sich nicht blos auf den Zwiebeln, sondern auch auf den im Erdboden befindlichen Fadensträngen), entstehen an ihrer Oberfläche wässerige Tropfen von schmutzig weißer Farbe.

Die Zerstörung der Crocuszwiebel in Folge der Pilzvegetation schreitet ziemlich rasch fort. An den Stellen, an denen die oben beschriebenen weichen Warzen von der innersten Schale aus sich in die Vertiefungen des knolligen Zwiebelkörpers, in denen die Spaltöffnungen saßen, hineinpreßten, sieht man das Parenchym der Zwiebel sich gelblich färben; die einzelnen Zellen lösen sich allmählig aus ihrem Verbande und bilden endlich eine weißliche, fast homogene, breiartige Masse, die von der Peripherie nach dem Centrum der Knollenzwiebel fortschreitet und zwar um so schneller fortschreitet, je feuchter die Witterung ist. Schließlich bleiben von der ganzen Knollenzwiebel nur noch eine Art von gelblichem Kern, der aus den Gefäßbündelelementen besteht, und die faserigen, von der Rhizoctonia durchsponnenen Zwiebelhäute übrig.

Ueber die Art und Weise, wie der Pilz auf die Nährpflanze einwirkt, fehlen noch genügende Aufklärungen. Man sieht nicht die einzelnen Zellen von Pilzfäden angebohrt; außerdem erscheint zunächst das reiche Mycel auf der fast inhaltsleeren äußeren Schuppe. Es liegt somit die Vermuthung nahe, daß das Mycel der Rhizoctonia ähnlich durch chemische Veränderung auf größere Entfernung hin wirkt, wie Schacht dies von dem Hausschwamm bei der Zersetzung der Balken annimmt. Nur in Betreff der perithecienähnlichen Warzen findet nach Tulasne insofern eine Ausnahme statt, als dieselben einige Fäden in das schon alterirte Gewebe hineinsenden. Der Gipfel der Warzen wird durchbohrt und läßt die feinen, etwa 1—2 Mm. langen Fäden hervortreten. Diese Fäden sind weiß, sehr dünn, aufrecht, stumpf, septirt und wenig verästelt; sie bilden kleine Büschel, die bei ihrem Herausziehen aus dem Körper der Knollenzwiebel kleine Parthieen einer gelblichen Masse angeklebt zeigen.

Nur ein sorgfältiges und scharfes Ausschneiden der kranken Stellen wird, wenn die Zwiebelknolle in den ersten Stadien der Krankheit ist, möglicherweise helfen. Ist der Pilz aber einmal im Acker, wo er kreisförmige Fehlstellen verursacht, dann ist es unter allen Umständen das Gerathenste, den Crocusanbau zunächst aufzugeben. Jedenfalls wird man mehrere Jahre darauf verzichten müssen, selbst wenn sich die Behauptung Du Hamel's nicht bestätigen sollte, daß das Feld für die Safrankultur auch nach 20 Jahren noch nicht benutzt werden dürfte[1]).

2. Wurzeltödter der Luzerne. Byssothecium circinans Fuckl.[2])

Ganz ähnliche kreisförmige Fehlstellen, wie die Crocusfelder, zeigen die Luzernefelder, welche von derselben Rhizoctonia violacea, nach der Ansicht der Gebrüder Tulasne, befallen sind. Gegen Ende Juni oder Anfang Juli findet man die ersten oberirdischen Anzeichen der Krankheit darin, daß ein Theil der Pflanzen gelb wird und welkt, indem die Blätter auf den Stengeln vertrocknen und diese selbst sich krankhaft verfärben.

---

1) Bisweilen in Verbindung mit der Rhizoctonia tritt eine Krankheit bei den Crocuszwiebeln auf, welche als „Tacon" von den französischen Beobachtern bezeichnet worden ist, also etwa „Brandfleckenkrankheit" oder „Grind" im Deutschen genannt werden könnte. Braune Flecken entstehen zunächst hier und da auf dem Zwiebelkörper und ziehen sich allmählig über die ganze Oberfläche hin. Dadurch wird die Zwiebel in eine schwarze, erdige Masse verwandelt. Bei Uebertragung auf gesunde Zwiebeln erliegen diese ebenfalls, Die Krankheit hat von Montagne eine spezielle Bearbeitung erfahren (Mém. de la Société de Biologie t. I. 1849): dieselbe ist mir aber ebensowenig, wie die von Berkeley in dem Journal of the hort. Soc. of London 1850 zugänglich gewesen. Ich vermuthe, daß der Pilz eine Fumago (Capnodium Mntge.) ist.

2) Rhizoctonia violacea Tul. Syn.: Rhizoctonia Crocorum DC., Rhiz. Medicaginis DC., Tuber Croci Dub., Thanatophytum Crocorum Nees, Sclerotium Crocorum Pers., Tuber parasiticum Bull., Mort du Safran Duh.

Die Wurzeln sind dann von einem dichten, violetten Gewebe, dem Mycel des Pilzes, umhüllt, das sich besonders stark da entwickelt, wo die Wurzelrinde recht fleischig ist. Die feinen Faserwurzeln werden erst nachträglich von dem Pilze heimgesucht und wachsen noch einige Zeit hindurch weiter; daher zeigt sich das Welken der Pflanzen allmählig. An den dicken, fleischigen Rindenpartien erscheinen auf dem Mycel auch jene oben bei Crocus beschriebenen, kegelförmigen, dunkelen, hirsekornähnlichen Warzen, die fast unmittelbar auf dem Wurzelparenchym aufsitzen. Der Durchschnitt der Wärzchen läßt eine dichte, schwarze Rinde und eine centrale Höhlung erkennen, in welche hinein sich weiche braune Fäden verlängern, die von der Rindensubstanz entspringen. Die bei zunehmendem Alter fast schwarz erscheinenden Wärzchen (Perithecien) bleiben an ihrem Gipfel geschlossen; aber aus ihrer geöffneten Basis sieht man von innen einige Fäden in die oberflächlichen Parenchymschichten der Wurzel eintreten.

In der Erkenntniß dieser Krankheit sind wir betreffs der Entwicklungsgeschichte des Pilzes, wie oben erwähnt, seit den Veröffentlichungen der Gebrüder Tulasne [1]) durch die Untersuchungen von Fuckel [2]) bedeutend gefördert worden. Derselbe weist nach, daß die oben beschriebene Mycelbildung, welche von de Candolle als eigne Art (Rhizoctonia Medicaginis DC. [3]), von Tulasne als Rhiz. violacea beschrieben, nichts anderes, als nur eine der vier verschiedenen Entwicklungsformen ist, welche der jetzt als Byssothecium aufzuführende Pilz im regelmäßigen Generationswechsel durchläuft.

Die erste Form, die Conidienform, bisher als Lanosa nivalis Fr. bekannt, zeigt sich, wie feines Spinnengewebe, unter dem Schnee auf der Erde und an Pflanzen auf Kleeäckern namentlich an denjenigen Stellen, wo später die Rhizoctoniaform auftritt; diese ist als zweite Entwicklungsform des Pilzes aufzufassen, der sich dadurch von einer Pflanze auf die andere hinüberspinnt. Das Rhizoctoniagebilde trägt die Pycniden, jene schwarzen, oben beschriebenen, zuerst weichen Warzen, die sich zu halb eingesenkten, halbrunden, glänzend schwarzen, mittelgroßen, runzlichen Kapseln ausbilden. Dieselben zeigen sich im Juli ziemlich sparsam; sie öffnen sich mit keiner regelmäßigen Mündung, sondern durch unregelmäßiges Zerreißen am Scheitel und enthalten einen violetten Schleim, welcher aus ebenso gefärbten, länglichen, vierfächerigen Sporen besteht. Die zwei mittleren Fächer der Spore sind größer und dunkler gefärbt, als die beiden Endfächer. Die Sporen liegen frei, werden aber an der Spitze langer Stiele gebildet, welche bei der Reife verschwinden. Das ausgebildete Perithecium wird durch die frühere Gattung Amphisphaeria zerbina dNtrs repräsentirt. Die Ascosporen sind länglich eirund, sehr wenig gekrümmt, durch drei Scheidewände in zwei mittlere,

---

1) A. a. O. S. 188—195.

2) Bot. Zeit. 1861. S. 250 u. Symb. myc. 1870. S. 142,

3) Mém. du Museum 1861. t. 2. S. 209.

größere und zwei durchscheinende, kleinere Endfächer getheilt, 0,0032 Mm. lang und 0,0012 Mm. dick. Diese Perithecien mit ihren Schlauchsporen finden sich nur an ganz faulen Wurzelstöcken der Luzerne im Herbste ein. Die Zersetzung des Wurzelkörpers ist, nachdem die oberirdischen Pflanzentheile einmal abgestorben, eine schnell fortschreitende. Die erweichte Rinde löst sich vom Holzkörper, der mit schwarzen und rosenrothen Flecken besetzt erscheint und alsbald tritt gänzliche Fäulniß ein. Der Vorgang findet um so schneller statt, je feuchter der Boden ist; jedoch ist trockener Boden keineswegs verschont[1]).

Das Ankämpfen gegen die Krankheit wird sich hauptsächlich gegen das Fortschreiten der Rhizoctoniaform zu richten haben. Mittel, welche den Pilz zerstören, ohne den auf dem Acker kultivirten Pflanzen zu schaden, sind kaum zu erwarten; vielleicht aber wird es sich empfehlen, tiefe, stets rein gehaltene Gräben um die verwüsteten ringförmigen Stellen auf dem Acker zu ziehen und auf diese Weise der Rhizoctonia das Weitergreifen abzuschneiden.

Die Erkrankung der Luzerne durch den Wurzeltödter wurde zuerst in Frankreich beobachtet; jetzt ist sie bereits mehrfach in Deutschland, z. B. von de Bary in der Nähe von Freiburg i. Br., von Kühn in der Nähe von Halle aufgefunden worden. Beide Beobachter haben aber auch gleichzeitig den Kreis der Nährpflanzen erweitert, welche der Pilz als Unterlage sucht. Außer Fenchel, Mohrrüben und anderen Doldenpflanzen, außer Zucker= und Futterrüben, greift die Rhizoctonia auch die Kartoffeln an und zwar werden die Knollen dadurch fast bis zur jauchigen Zersetzung gebracht, die Stengelbasen angegriffen und die Erde in der Umgebung von den Fäden durchzogen[2]). Dadurch wird der Kartoffelbau empfindlicher geschädigt, als durch die

1) Tulasne a. a. O. S. 195.

2) Hierher rechne ich auch die neuerdings von Hallier (Zeitschrift für Parasitenkunde 1873. Heft 1. S. 48 ff.) beschriebene Krankheit, die in der Gegend von Apolda aufgetreten ist. Die Knollen zeigen sich zuerst im Inneren vollkommen gesund; nur die, übrigens unversehrte, Schale ist mit einem purpurrothen Pilzmycel bekleidet. In einem weiteren Stadium ist die Oberfläche der Knolle auf einer vom Mycelfilze überzogenen Stelle etwas eingesunken; außerdem treten zahlreiche schwarze Punkte auf, welche den Eindruck von Perithecien machen. Eine noch stärker erkrankte Kartoffel zeigt sich zur Hälfte zerstört, während die andere Hälfte auf der noch meist unversehrten Oberhaut das violette Mycel zeigt. An dem kranken Theile bilden überall die stärkeführenden Zellen die Oberfläche; die Schale ist entweder abgelöst oder zerstört. Das sich strangförmig verfilzende Mycel ist kirschroth in der Jugend, später matter bis farblos, langgliederig, bandförmig, reich verzweigt, hier und da mit Fetttröpfchen versehen. Der Träger des Farbstoffes ist die Zellmembran.

Die schwarzen Punkte stellen dichte Mycelknollen dar, deren äußere Fäden schwarz purpurroth bis bräunlich sind, und nach innen zu farblos werden. Hallier vermuthet, daß aus diesem Dauermycel eine Peziza hervorgehen könne. Nur da, wo die Dauermycelien der Kartoffel aufsitzen, ist die Schale derselben durchbohrt; die lockeren Mycelfäden dringen nicht ein. Die Dauermycelien entstehen zunächst unter der Kartoffelschale und schimmern als schwarze Flecken hindurch; später erst durchbrechen sie dieselbe.

3. Pockenkrankheit der Kartoffeln. Rhizoctonia Solani Kühn.

Die erkrankten Knollen zeigen an einigen Stellen zuerst weißliche, später dunkelbraun werdende Pusteln von der Größe eines Stecknadelkopfes bis zu mehreren Millim. Ausdehnung. Die Pusteln stehen meist vereinzelt, bisweilen aber auch truppweise vereinigt und lassen sich leicht von der Kartoffelschale lostrennen. Ihrer Struktur nach sind es Dauermycelien, von denen aus in der Regel noch einzelne braune, langgliedrige Mycelfäden auf dem sonst freiliegenden Theile der Kartoffelschale sich hinziehen. Bei Brennerei- und Futterkartoffeln sind solche Pocken ohne alle Bedeutung und nur bei Speisekartoffeln könnte ihr sehr reichliches Auftreten den Verkaufswerth herabdrücken.

Es wurde empfohlen, die von der Rhizoctonia, namentlich von Rh. violacea befallenen Kartoffeln zu Compost zu verwenden und denselben auf Wiesen zu bringen. Dies dürfte aber schon darum nicht gerathen erscheinen, weil von Tulasne der Rothklee als Nährpflanze der Rhizoctonia beobachtet worden und daher die Möglichkeit einer weiteren Verschleppung der Krankheit zu nahe gelegt ist.

Schließlich mag noch erwähnt werden, daß noch drei andere Arten von Rhizoctonia aufgeführt werden; dieselben sind aber noch ganz unvollständig bekannt. So soll eine Rhiz. Allii Grev. die angebauten Schalotten (Allium ascalonicum) zerstören. Rhiz. Batatas Fr. kommt auf den Wurzeln von Ipomoea Batatas in Nordamerika vor. Rhiz. Mali DC. soll die Wurzeln junger Apfelbäume umspinnen.

VII. Das Mutterkorn, Hungerkorn. Claviceps purpurea Tul.

a. Sclerotiumzustand[1]).

Wir bezeichnen mit dem Namen Mutterkorn jene meist langgestreckten, häufig etwas gekrümmten, kantigen, gefurchten, außen grau violetten, zuweilen bestäubten, nach innen zu weißen, aus parenchymatisch verbundenen Pilzzellen gebildeten, nicht selten mit einem gelbschmutzigen Anhängsel (Mützchen) versehenen Körper, welche einzeln oder zu vielen auf den Getreideähren auftreten und die in ihrer Gestalt meist Aehnlichkeit mit dem Getreidekorn haben, das sie vertreten. Diese Körper

Gegen die Krankheit empfiehlt Hallier den Anbau frühreifer Sorten, das Legen ganzer Knollen, das Vermeiden niedriger Lage, gewissenhaften Bodenwechsel, Anwendung der Gülich'schen Anbaumethode und Benutzung von Mineraldünger bei gänzlicher Vermeidung aller organischen Düngemittel.

1) Syn.: nach Fries (Syst. myc. II. 269.) Clavi Siliginis Lonic., Secalis mater Thal., Secale luxurians Bauh., Grana secalis degenerati Brunner, Clavaria solida oblonga subulata sulcata Münchh., Clavaria Clavus Schrank, Secale cornutum Bald., Sclerotium Clavus DC., Spermoedia Clavus Fr.

wurden zunächst auch als krankhaft veränderte Getreidekörner aufgefaßt. Selbst nachdem das Mikroskop schon den von einem Getreidekorne vollständig abweichenden inneren Bau des Mutterkornes nachgewiesen und nachdem bereits bei anderen Pflanzen ganz ähnliche Gebilde beschrieben, diese auch von Tode in seinen Fungi Mecklenburgenses selecti im Jahre 1790 zu einem besondern Pilzgenus „Sclerotium“ vereinigt worden, begegnen wir in der wissenschaftlichen Literatur immer wieder der Auffassung des Getreide-Mutterkorns als eines degenerirten Fruchtknotens. So spricht Plenk[1]) fünf Jahre nach der Aufstellung der Pilzgattung Sclerotium von dem „Auswachsen des Rockens oder andrer Getraidearten in schwarzveilchenblaue Hörnchen“, die er Kornzapfen nennt und auf verschiedenen Gräsern, wie dem Kanariengrase (Phalaris canariensis), dem hohen Hafergrase (Avena elatior), dem Mannaschwaden (Glyceria fluitans), Taumellolch (Lolium temulentum), der Quecke (Agropyrum repens) und auf den gebauten Gerste-, Hafer- und Weizenarten bereits beobachtet hatte. Der gelehrte Doktor der Wundarzneykunst unterscheidet einen bösartigen, innerlich bläulich grauen, staubigen, ekelhaft stinkenden, scharf ätzend schmeckenden Kornzapfen, der dem Brote eine veilchenblaue Farbe geben, und einen „guten Kornzapfen“, der innerlich weiß und mehlig, ohne Geruch und Geschmack sein soll. Letzterer sei, dem Brotmehle beigemischt, unschädlich; ersterer dagegen verursache die furchtbare Kriebelkrankheit und in anderen Jahren den Brand in den äußeren Gliedmaaßen.

Diese Ansicht von zweierlei Mutterkorn ist, wie Meyen[2]) schon vermuthet, dadurch hervorgebracht, daß auch der Steinbrand als Mutterkorn aufgefaßt wurde, möglicherweise, weil es scheinbar Uebergänge vom Steinbrande zum Mutterkorn giebt. Diese Uebergänge sind, wie Tulasne und Kühn beobachtet haben, dahin zu erklären, daß ein vom Steinbrande bereits befallener Fruchtknoten auch noch den Mutterkornpilz trägt und dieser mit dem Steinbrande zu einer einzigen Masse verschmilzt.

Obgleich nun diese Ansicht von zweierlei Mutterkorn niemals eine Bestätigung erfahren, wurde sie doch in spätere Lehrbücher[3]) hin und wieder aufgenommen. Kühn erwähnt in seiner alsbald näher zu besprechenden ausführlichen Arbeit[4]) auch eines rothen Mutterkornes, das nach Lauer von eisenschüssigem und nassem Boden herrühren soll, in der That aber nichts anderes als ein gewöhnliches Mutterkorn ist, das von einem Pilzparasiten (Fusarium graminearum Schw.) bewohnt wird. Auch Hoffmann (Bot. Zeit. 1864. S. 270) sah rothe Mutterkörner von Lolium perenne. Die rothe Färbung rührte von Fusa-

1) Physiologie und Pathologie d. Pfl. 1795. S. 130.

2) Pflanzenpathologie 1841. S. 204.

3) Willdenow: Grundriß der Kräuterkunde 1831. S. 502.
Haubner: Gesundheitspflege. Greifswald 1845. S. 428.

4) Mittheilungen aus dem physiolog. Laborat. des landwirth. Instituts d. Univers. Halle 1863. S. 17.

rium heterosporum Ns. her. Dabei blieb auch immer noch, namentlich in den Kreisen der Praxis, die Meinung herrschend, das Mutterkorn wäre ein degenerirter Fruchtknoten. Die kräftigsten Vertheidiger in neuerer Zeit waren Fée und Phöbus[1]). Der Erstere führt an, daß das Mutterkorn weder Sporen, noch Sporenschläuche, wohl aber mißgebildete Stärkekörnchen enthalte und daß seine äußere Rinde aus dem Gehäuse der Roggenfrucht bestehe. Phöbus dagegen erklärt die Masse des Mutterkorns für verändertes Eiweiß, die Rinde desselben für die Samenschale des Kornes. Aehnlich sprachen sich andere Forscher wie Geoffroy, Bernhard Jussieu, Willdenow und Link aus. Einer der bedeutendsten Pilzforscher, Fries[2]), führt zwar das Mutterkorn als Pilz unter dem Namen Spermoedia Clavus Fr. auf, hält aber das ganze Gebilde doch für einen kranken Grassamen und spricht diese 1823 veröffentlichte Meinung auch in seinem 1849 erschienenen Werke (Summa vegetabilium Scandinaviae) noch aus, nachdem sich auch Leveillé, dem wir die ersten Angaben über die wahre Natur der dem Mutterkorn entsprechenden Gebilde an anderen Pflanzen verdanken, 1842 in seinem Mémoire sur le genre Sclerotium[3]) dahin ausgesprochen, daß das Mutterkorn des Getreides nur eine Monstrosität des Grasfruchtknotens sei.

Unabhängig zunächst von diesem Bestreben, die Mutterkornkrankheit des Getreides zu erklären, haben zahlreiche Forscher ihre Aufmerksamkeit dahin gerichtet, bei anderen Pflanzen solche Gebilde vom Baue des Getreidemutterkorns aufzusuchen. Man vereinigte alle rundlichen, soliden, harten, mit einer Rinde versehenen, nicht aufspringenden Pilzmassen ohne Sporenbildung zunächst in die von Tode aufgestellte Gattung Sclerotium. Nach Münter[3]) führte der Gründer der Gattung bereits 8 verschiedene Arten auf und bemerkt bei der Beschreibung einer Art, des Sclerotium subterraneum, daß dasselbe einem Hutpilze aus der Familie der Mucerons (Agaricus esculentus Murr.) zum Ausgangspunkte diene und von demselben so begierig verzehrt werde, daß nur die Haut des Sclerotium zuletzt noch übrig bleibe. Diese Bemerkung ist darum wichtig, weil dadurch zum ersten Male ein hochorganisirter Pilz mit einem Sclerotium in Zusammenhang gebracht wird. Tode faßte, wie dies zunächst sehr natürlich war, die Sache so auf, daß dieser Hutpilz auf dem Sclerotium schmarotze. Persoon[4]), der 1801 sein Werk über Pilze veröffentlichte, erwähnt schon 16 Arten, die er in der Nähe der Trüffeln systematisch einordnete.

Er citirt dabei ausführliche Beobachtungen von Bulliard über ein Sclerotium

1) Nach Berg: Handbuch der pharmazeutischen Bot. Bd. II. Pharmakognosie I. 1857. S. 8.

2) Systema mycolog. II. S. 268.

3) Siehe Münter: „Beitrag zur ferneren Begründung der Lehre vom Generationswechsel für die Gruppe der Pilze.“ (Tiré-à-part du Bulletin du Congrès International de Botanique et d'Horticulture. Amsterdam 1865.)

4) Synopsis methodica fungorum 1801. S. 120—126.

(crocorum Bull.), welches die Crocuszwiebeln in großen Massen schnell zerstört. Pyr. de Candolle zählte im Jahre 1816 bereits 39 Arten von Sclerotien auf und bei Fries[1]) finden wir im Jahre 1823 schon 54 Arten, obgleich derselbe einige frühere nicht aufführt und andere, wie das obenerwähnte Sclerotium crocorum mit de Candolle in das Geschlecht Rhizoctonia verweist. Léveillé endlich schätzt die Anzahl der Arten auf hundert.

Mit der Zahl der beobachteten Sclerotien wuchs auch die Zahl derjenigen Fälle, bei denen man aus diesen harten Dauergebilden vollkommene Pilze aus den Gattungen der Hut-, Kern- und Scheibenpilze hervorkommen sah, ja man nahm auch wahr, daß einzelne der aus Sclerotien hervorgegangenen Hutpilze sich auch direkt aus einem fädigen Mycel entwickelten. Andererseits beobachtete man, daß die Sclerotien aus einem fädigen Gewebe hervorgehen, das sich reich verästelt und, zu dichten Massen zusammentretend, im Inneren dieser Massen den Dauerkörper erzeugt. Man sah auch bisweilen, daß der lockere Theil dieses Pilz-Gewebes an aufrechten Aesten Sporen entwickelte, die alsbald wieder zu einem Mycel auswachsen konnten; das Gewebe verhielt sich somit wie ein Schimmelpilz.

Gestützt auf diese Beobachtungen kam Léveillé zu dem Schlusse, daß die Sclerotien Gebilde sein müssen, die in solchen, für die Vegetation des Pilzes ungünstigen Verhältnissen entstehen und den Zweck haben, die Art so lange zu erhalten, bis günstigere Vegetationsbedingungen für dieselbe eintreten. Es sind zufällige Gebilde, sagt Léveillé weiter, die bei verschiedenen Arten unter Umständen entstehen oder auch fehlen können; demnach sind die Sclerotien als eine Art Wurzelstock anzusehen, der aus Pilzfäden gebildet ist.

Während Léveillé für diese Dauergebilde bei den übrigen Pflanzen die Erklärung auffand, die jetzt fast ausnahmslos anerkannt und bestätigt worden, sah er das analog entstehende und gebauete Sclerotium Clavus DC., das Mutterkorn des Getreides, für einen degenerirten Fruchtknoten an, der einen von ihm entdeckten und benannten Fadenpilz, Sphacelia segetum Lév., in Form eines weißen Schimmels beherbergte. Der Schritt aber, die Zusammengehörigkeit des weißen Schimmelgewebes in der Roggenblüthe mit dem später auftretenden schwarzen Mutterkorne nachzuweisen, war ohne Léveillé's Wissen ein Jahr vorher bereits gethan worden. Meyen hatte, wie wir später sehen werden, im Jahre 1841 seine Beobachtungen über das Mutterkorn veröffentlicht und nachgewiesen, daß sich aus der von Léveillé beschriebenen Sphacelia das Mutterkorn entwickele. Die Sphacelia betrachtet Meyen als das Mycel des Mutterkorns.

Aber noch blieb zunächst eine wichtige Frage zu lösen. Was wird aus diesem Dauerkörper, den wir Mutterkorn nennen? Diese Frage beantwortete Tulasne[2]) im Jahre 1852 durch Aussaat einer großen Menge Mutterkörner in einen Blumen-

1) Fries: Systema mycol. II. 246.

2) Annales des sciences naturelles. 3. serie. tome XX. p. 56.

topf. Er sah, was zunächst vor ihm schon mehrfach beobachtet worden, Pilze in Form gestielter, röthlicher Köpfchen erscheinen. Diese Pilze hatte Schuhmacher als Sphaeria entomorhiza, Fries als Sphaeria purpurea und Wallroth als Kentrosporium purpureum [1]) beschrieben. Das Verdienst Tulasne's ist es aber, nachgewiesen zu haben, daß diese Pilze, die rothen Keulensphärien (Claviceps purpurea Tul.) auf dem Sclerotium kein zufälliger Schmarotzer, sondern eine direkte Fruchtform desselben sind, daß somit der Mutterkornkörper nur eine zeitliche Form ist für ein und denselben Pilz, der zunächst in der Form eines weißen Schimmels unter dem Namen Sphacelia segetum auftritt, der alsdann zur Winterruhe die feste Gestalt annimmt, die wir als Sclerotium bezeichnen, um nach dieser Ruhe sich zu einem vollkommenen Pyrenomyceten zu verwandeln.

Somit war denn auch die Erklärung über die Natur anderer Sclerotien nahegelegt; sie erscheinen sämmtlich als Speicher für die Reservenahrung eines Pilzes, der in eine Ruheperiode übergeht. Solches Dauermycel gleicht also der Kartoffelknolle, die das Stärkereservoir einer phanerogamen Pflanze darstellt. So wenig wir nun bei den Phanerogamen den Knollenzustand von der übrigen Pflanze als eine besondere Art trennen können, ebenso wenig wird dies ferner bei den Pilzen möglich sein und alle die vielen Arten von Sclerotien oder (nach Bail) Dauermycelien werden als selbständige Gebilde in der Systematik nicht mehr auftreten können [2]).

Vorläufig haben wir noch eine Menge Stengel- und Blattsclerotien, von denen die entwickelte Fruchtform unbekannt ist. Auch die Bedingungen, unter denen das Mycel eines Pilzes in den Dauerzustand übertritt, sind uns nicht genau bekannt; wahrscheinlich aber ist es die Trockenheit der Luft und in einigen Fällen vermuthlich auch die Verminderung des Zutritts von atmosphärischem Sauerstoff, welche eine Bedingung für Dauermycelbildung in dem Falle geben, daß das Mycel bereits längere Zeit vorher sich reichlich und normal entwickelt und Nahrungsstoffe genug beschafft hat, um zur Fruchtbildung überzugehen. Sind die Vegetationsverhältnisse dauernd günstig, wird es in vielen Fällen vielleicht gar nicht zur Bildung eines Dauermycels kommen, sondern der Fruchtkörper sich direkt aus dem lockeren, fädigen Primär-Mycel erheben.

---

1) Cordiceps (Fr.) Lk.

2) In neuester Zeit sind Entdeckungen hinzugetreten, welche die Natur des Sclerotium noch weiter aufzuhellen im Stande sind. Es gelang Brefeld (Flora 1873. Nr. 21. S. 334) bei dem Studium der Entwicklung der Schlauchfrüchte unseres weitverbreiteten Schimmelpilzes, des Penicillium crustaceum (glaucum), nachzuweisen, daß das hierbei sich entwickelnde Sclerotium ein durch geschlechtliche Zeugung entstandener Fruchtkörper ist, welcher an einem bestimmten Punkte seiner Entwicklung einen Ruhezustand durchmacht.

Durch diese Entdeckung ist nun die Vermuthung nahe gelegt, daß auch die anderen Sclerotien ruhende Fruchtanlagen, oder, was wahrscheinlicher, Dauermycelien seien, welche Fruchtanlagen bergen.

An ähnliche Fälle von Knollenbildung an phanerogamen Pflanzen, bei denen in der Regel keine stattfindet, erinnert Münter[1]). Derselbe beobachtete türkische Bohnen (**Phaseolus multiflorus**), welche am unterirdischen Stocke große Knollen entwickelten und kultivirte im Jahre 1865 und 66 Exemplare des schönen, weißgebänderten, als Zimmerpflanze bewährten Schiefblattes (**Begonia rex**), welche regelmäßig gegen alle sonstige Erfahrung auf der Verbindungsstelle des Blattstieles mit der Blattfläche an jedem Blatte dicke Knollen erzeugte, die sich, wie Gesneriaceen-Knollen, als ächte Fortpflanzungsorgane erwiesen.

b. Vollkommener Zustand. (Tafel XIII.)

So stellt sich denn jetzt, nachdem die Forscher mehr als ein halbes Jahrhundert zur richtigen Erkenntniß des Mutterkornpilzes gebraucht haben, dessen vollkommene Entwicklungsgeschichte auf der Roggenpflanze folgendermaßen dar.

Die ersten Jugendzustände des Pilzes, der am Ende seiner Vegetationszeit im ersten Jahre den, je nach der bewohnten Grasart[2]) etwas abweichend gestalteten, Mutterkornkörper liefert, sind für das ungeübte Auge nicht bemerkbar. Der Fruchtknoten einer jungen Roggenblüthe, die später an Stelle der Frucht ein Mutterkorn (Fig. 1 sc) liefert, zeigt sich äußerlich oft auch dann noch einem gesunden Organe vollkommen gleich, wenn im Inneren desselben bereits alles zerstört und durch ein feines, gelblich weißes Pilzgeflecht ausgefüllt ist. Wird ein solcher Fruchtknoten vorsichtig geöffnet, so erscheint die Pilzmasse auf ihrer Oberfläche mehr oder weniger regelmäßig durch gewundene Furchen in Abtheilungen zerlegt (Fig. 2 sph), die Meyen mit den Abtheilungen eines Thiergehirns vergleicht. Dieselben gewundenen, die Pilzmasse theilenden Hohlräume finden sich auch im Inneren des Mycelgeflechtes, von dem aus sich auf feinen Stielchen (Fig. 2 st) unzählige, eiförmige, mit einem oder zwei glänzenden Kernen versehene Sporen ablösen (Fig. 2 c); diese werden durch eine schleimige Flüssigkeit zu einer zusammenhängenden, trüben, zähen Masse mit einander verbunden. Von dem normalen Inhalte des Fruchtknotens, der Samenknospe, sind nur noch Spuren in Form kleiner Fetzen von Zellgewebe, das hier und da Stärkekörnchen enthält, vorhanden. Allmählig werden auch die Wände des Fruchtknotens von dem Pilze, der in diesem Zustande vollkommen einem

---

1) A. a. O. S. 26.

2) Von der allgemein bekannten Form des Roggenmutterkorns unterscheidet sich das des Weizens durch seine durchschnittlich kürzere, verdickte, bauchige Gestalt; das von der Zwenke (Brachypodium silvaticum Palis.) ist meist linear und planconvex; meist seitlich zusammengedrückt, fast zweischneidig bei dem geknieeten Fuchsschwanze (**Alopecurus geniculatus L.**); eine andere Art ist cylindrisch bei dem blauen Schindermann (Molinia coerulea Mnch.) und dem Teichrohr (Arundo Phragmites L.). Es zeigt sich, wie Tulasne in seinem „Mémoire sur l'ergot des glumacées" S. 22 sagt, bei dem Mutterkorne „une certaine ressemblance avec la graine qu'il remplace".

Fadenpilze (Hyphomyceten) gleicht und als solcher von Léveillé den Namen **Sphacelia segetum**[1]) erhalten hat, durchbrochen.

Mit dem Hervorwuchern des Pilzes, der alsbald die ganze Fruchtknotenhülle überspinnt, zeigt sich auch die schleimige, fade-süßlich schmeckende Flüssigkeit, welche wir für ein Auflösungsprodukt der Pilzfäden halten, in Tropfen an der Basis der Blüthe. Hier durchtränkt sie bei zunehmender Ueppigkeit der Pilzvegetation und einer demgemäß reichlicher auftretenden Menge die Spelzen des Roggenblüthchens an ihrer Basis und quillt endlich sogar aus dem Blüthchen heraus. Wir haben jetzt den „Honigthau“ vor uns, von welchem seit langen Jahren die Praxis behauptet, daß, je reichlicher derselbe in einem Jahre auftritt, auch um so reichlicher im Felde Mutterkorn zu finden ist. Diese Behauptung findet ihre vollständige Bestätigung und Erklärung. In manchen Fällen zeigt sich zunächst die Pilzwucherung mehr äußerlich am Fruchtknoten; dann findet man schon Honigthau, wenn der Fruchtknoten noch ziemlich erhalten erscheint.

Bringt man etwas von diesem Honigthaue unter das Mikroskop, so stellt sich derselbe als ein Schleimtropfen dar, in welchem große Mengen jener eirunden oder ellipsoidischen Sporen (Stylosporen des Mutterkornpilzes) suspendirt sind. Schon nach 12 Stunden sieht man diese Stylosporen in feuchter Luft keimen (Fig. 3) und entweder direkt zum Mycelfaden sich verlängern oder auch erst sekundäre Conidien (Fig. 4 c′) bilden, die dann in einen Mycelfaden auswachsen. Daraus erklärt sich die schnelle Verbreitung der Krankheit, wenn etwas Honigthau in ein gesundes junges Blüthchen übergeführt wird.

Erfolgt die Infektion, die sich leicht künstlich ausführen läßt, zu einer Zeit, wo der Fruchtknoten in seiner Entwicklung weiter vorgeschritten, so kommt es vor, daß derselbe nur theilweise zerstört wird und der gesund bleibende Theil von der, von unten nach oben sich ausdehnenden Pilzmasse in die Höhe gehoben wird, so daß er nachher am ausgebildeten Mutterkornkörper noch nachweisbar ist.

Während diese Fadenpilzform (Sphaceliaform) sich immer mehr ausbreitet und die jüngeren, oberen Theile immer noch reichlich Stylosporen und Honigthau bilden, zeigen sich an der Basis des Blüthchens die Pilzfäden mit bedeutend angeschwollenen Zweigen, die sich theilweis abgliedern und in ihrem Inneren große Oeltropfen erzeugen. Diese verdickten, gegliederten Fäden vereinigen sich von unten nach oben zu einem gleichmäßig dichten, festeren Körper, an dessen Oberfläche die Pilzfäden eine Zellschicht bilden, deren Inhalt röthlich bis violett gefärbt erscheint. In dieser Weise entsteht der Mutterkornkörper (Fig. 5 sc), auf dessen Spitze immer noch die Pilzfäden der Sphaceliaform weiter wuchern (Fig. 5 sph), um endlich zu vertrocknen und das Mützchen zu bilden, das meist auf der Spitze der Mutter-

---

1) Syn.: Fusarium heterosporium Nees.
Oidium abortifaciens B. et Br. } nach Cooke: Handbook of British Fungi.
Ergotetia abortifaciens B. et Br. }

körner zu finden ist und bisweilen auch noch die eingesponnenen und vertrockneten Staubgefäße und Narben des ursprünglichen Blüthchens enthält (Fig. 1 m). In der Zeichnung stellt Fig. 6 einen jungen Roggenfruchtknoten dar, dessen Oberfläche mit Ausnahme des Gipfels von den gefurchten Pilzmassen der Sphacelia überzogen ist. Aeltere Zustände zeigen die Figuren unter Nr. 5, von denen die linke Figur den Längsschnitt eines Theiles der rechts stehenden Figur zur Anschauung bringt; sc ist der bereits fertig gewordene, solide Dauermycelkörper, während sph noch die Sphaceliaform darstellt; g ist der leere und zusammengedrückte, in die Höhe gehobene Rest des Grasfruchtknotens (nach Tulasne). Ein Querschnitt der Region 5 r ist in Fig. 2 bedeutend vergrößert dargestellt. Hier zeigen sich die, gewundene Höhlungen zwischen sich lassenden, Mycel- und Conidienmassen der Sphacelia, welche von Kühn als Stylosporenapparat des vollkommenen Pilzes Claviceps purpurea, angesprochen werden; c sind die abgeschnürten Stylosporen, sc ist das solide Gewebe (Pseudoparenchym) des fertigen Mutterkornkörpers, dessen äußere Schicht sich als dunkle Rinde r kenntlich macht.

Mit der Bildung des Mutterkornes, des Dauermycelkörpers, hat der Pilz seine ersten Vegetationsphasen durchlaufen. Die Zeit, welche bis zum Eintritt in diesen Sclerotiumzustand erforderlich ist, hängt von der Witterung ab. Ist dieselbe trocken, so findet man erst 14 Tage nach dem Erscheinen des Honigthaues die schmierig weiche Sphaceliamasse zum Mutterkorn umgebildet; bei feuchtem Wetter dagegen, welches üppige Pilzvegetation und reichliche Bildung des Honigthaues hervorruft, vollzieht sich dieser Vorgang bisweilen schon in 6 Tagen. Unter letzteren Verhältnissen tritt dann noch ein Umstand auf, welchen man früher als Krankheitsursache betrachtete: die giftigen, stinkenden Nebel; diese finden ihre einfache Erklärung in der durch nebeliges Wetter hervorgerufenen starken Bildung des eigenthümlich riechenden Schleimes[1]), des Honigthaues. Geht man an trüben, nebeligen Tagen an reichlich erkrankten Feldern vorüber, ist der Geruch sehr merklich und die Annahme, daß dies der Nebel sein müsse, sehr entschuldbar.

Die Ruhezeit, welche das Sclerotium braucht, hängt ebenfalls von der Witterung ab. Bei künstlichen Aussaaten, die Kühn[2]) zur Wiederholung der Tulasne'schen Versuche machte, zeigten sich die ersten Anfänge der Weiterentwicklung des Roggenmutterkornes nach 90 Tagen. Tulasne säete die ersten Sclerotien gegen Ende Juli und beobachtete deren Auswachsen zu Ende Oktober[3]). Im Durchschnitte also dürfte die Ruheperiode 3 Monate dauern.

Die Weiterentwicklung des Mutterkornkörpers giebt sich zuerst durch ein stellenweises Aufbrechen der dunkelen Rinde kund. Aus der aufgebrochenen Stelle erhebt sich ein kugeliger, dichter, weißer Körper, der allmählig an Durchmesser zunimmt

---

1) Kühn: Krankheit. d. Kulturpfl. II. Aufl. S. 117.
2) A. a. O. S. 123.
3) A. a. O. S. 28.

und dabei auf seiner Oberfläche häufig Tropfen einer klaren Flüssigkeit zeigt. Mit der Zeit heben sich durch die nachwachsenden Stielchen die ursprünglich herausgetretenen Gebilde als kleine Köpfchen von dem Mutterkörper ab, welcher allmählig vollständig ausgesogen wird. Zunächst erstreckt sich diese Aufzehrung des Sclerotiums auf die Umgebung der Stellen, an denen die jetzt gestielten, gelblich bis purpurfarbigen Köpfchen (Fig. 7) hervorgebrochen sind; später werden auch die weiter entfernten Zellen des Pseudoparenchyms immer dünnwandiger, verlieren ihren öligen Inhalt und gehen augenscheinlich einer langsamen Zerstörung entgegen.

Die Köpfchen auf den, alsbald sich violettroth färbenden, Stielchen zeigen bei weiterer Ausbildung eine Menge regelmäßig gestellter Erhabenheiten (Fig. 8 e), welche sich als Mündungspunkte ebensovieler krugförmiger Vertiefungen im Inneren des Köpfchens zu erkennen geben. Diese Vertiefungen (Fig. 8 c, 9 e) oder **conceptacula** enthalten eine Menge schlank-keulenförmiger, nach oben etwas verengter Schläuche (Fig. 9 a) zwischen zahlreichen, linearischen, an ihrer Spitze etwas verdickten, unfruchtbaren Fadenenden, den Paraphysen. In den Schläuchen (Fig. 10 a) befinden sich 6—8 fadenförmige, äußerst feine Sporen (Fig. 10 sp), die durch Abreißen der Schläuche an ihrer Basis endlich frei werden, an die Oberfläche des Köpfchens gelangen, um durch Wind, Insekten u. s. w. verbreitet zu werden.

Auch hier hat die Natur wieder für sehr reichliche Vermehrung gesorgt, wenn man bedenkt, daß jeder einzelne Behälter eines solchen röthlichen Clavicepsköpfchens eine große Anzahl sporentragender Schläuche enthält, daß jedes Köpfchen mit derartigen Behältern überdeckt ist und daß jedes Mutterkorn, je nach seiner Größe eine Menge derartiger Köpfchen entwickelt. Kühn[1]) sah bis 33 Stück solcher Keulensphärien aus einem einzigen Mutterkorne hervorgehen. Selbst gebrochene Stücke liefern noch Fruchtkörper.

Allerdings hat der Pilz auch seine Feinde, namentlich in der Hyphomycetenform (Fadenpilzform) anderer Pilze, wie z. B. das fleischfarbige **Cephalothecium roseum**, das auf dem Dauermycel selbst schmarotzt, ferner das **Verticillium cylindrosporum**, dessen weiße Rasen die schon hervorbrechenden Fruchtkörper des Mutterkornes zum Absterben bringen. Unter den Thieren scheint der Tausendfuß (**julus guttulatus**) die Dauermycelien sehr zu lieben. Aber alle diese Feinde sind, gegenüber der großen Anzahl Mutterkörner, die auf einem Felde gebildet werden, nicht in Betracht zu ziehen, und da die Kälte, soviel man bis jetzt weiß, den Pilzgebilden nicht schadet, so ist es erklärlich, daß alljährlich eine große Menge von Clavicepsköpfchen reift. Der Reifezustand wird dadurch deutlich, daß die Köpfchen eine dunklere, purpurviolette Färbung annehmen und der Stiel seine Straffheit verliert. Bei Berührung mit Wasser entleeren die Köpfchen ihre Sporenschläuche, und diese, bei völliger Reife, ihre fadenförmigen Sporen.

1) Mittheilungen u. s. w. S. 19.

Nach 24 Stunden (im Monat Juni) ist bereits die Keimung der Sporen in Wasser beobachtet worden. Kurz vor derselben verbreitern sie sich beträchtlich; in ihrem Inneren treten stark lichtbrechende Kerne auf und die Wand baucht sich an einzelnen Stellen aus; von diesen angeschwollenen Stellen (Fig. 11 a) aus erfolgt nun die Keimung, indem sich 2 oder mehrere Keimfäden nach einer oder verschiedenen Seiten hin verlängern (Fig. 11 b). Daß diese Keimfäden im jugendlichen Getreideblüthchen weiter wachsen und dort wieder die erste Entwicklungsform des Pilzes, die Hyphomycetengestalt der Sphacelia hervorrufen, ist der letzte und schlagendste Beweis für die Zusammengehörigkeit der verschiedenen Gebilde. Diesen Beweis hat Kühn im Jahre 1863 durch direkte Einführung feiner Schnitte eines Clavicepsköpfchens auf Roggenblüthen wiederholt, nachdem Durieu[1]) schon früher den Versuch mit Erfolg ausgeführt hatte.

Damit ist die Richtigkeit sämmtlicher Einzelbeobachtungen garantirt. Elf Tage nach der Impfung zeigten sich bei den Kühn'schen Versuchen die ersten Tropfen von Honigthau, die sichersten Anzeichen einer leicht nachgewiesenen Sphaceliavegetation, die sich, wie Bonorden zuerst versucht, durch ihre Stylosporen auf andere Blüthen übertragen läßt.

Erst jetzt, nachdem die ganze bedeutsame Entwicklungsgeschichte des Pilzes bekannt geworden, können wir übersehen, von welcher Art die Mittel zur Bekämpfung und Verhütung der Krankheit sein müssen. Auf den ersten Blick läßt sich erkennen, daß z. B. das Beizen des Saatgutes, welches als das beste Mittel gegen die Brandkrankheiten anzusehen ist, hier unwirksam sein muß; denn die Infektion findet nicht, wie dort, an der Keimpflanze, sondern an der ausgebildeten Pflanze, an der einzelnen Blüthe statt. Die Bekämpfung muß sich hier gegen den Pilz im Ruhezustande, gegen das Sclerotium wenden; denn wenn es uns gelingt, dasselbe vom Acker möglichst entfernt zu halten, verhüten wir die durch die Clavicepssporen hervorgerufene Honigthaubildung und dessen leichte Verbreitung durch Insekten, welche den süßen Schleim lieben. Hier hilft aber nur das Einsammeln des Mutterkornes, und dies wird um so leichter geschehen können, je schneller man mit der Ernte vorgehen kann, um das Ausfallen der Körner und der Sclerotien zu vermeiden. Hat man frühzeitig geerntet, lassen sich die ausgedroschenen Sclerotien ziemlich leicht durch Werfen und Feihen vom schwereren Getreide trennen. Die gewonnenen Mutterkörner aber dürfen nach Kühn nicht verfüttert werden, wenn auch eine Anzahl Getreidekörner dabei ist, sondern müssen in die Jauchengrube zum Verfaulen geworfen werden. Radikal wird aber selbst das gewissenhafteste Aussuchen nicht wirken können, wenn es nicht in Verbindung mit einer anderen Maßregel ausgeführt wird. Diese besteht in dem Abmähen der wilden Gräser, welche auf den Rainen und Grabenrändern oft ebenso reichlich mit demselben Mutterkorne besetzt sind. Das Abmähen muß vor der Blüthe

1) Siehe Tulasne: Sel. fung. carp. Th. I. 1861. S. 145.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.
W. A. Meyn lith.

geschehen oder wenigstens dann, wenn sich die ersten Spuren des Honigthaues zeigen, um die Uebertragung der Sphaceliastylosporen zu vermeiden.

Durch die Nachforschungen von Tulasne, Kühn, Münter, Schneider u. A. ist festgestellt worden, daß die Mehrzahl der Süßgräser die gleiche Claviceps purpurea wie unsere Getreidearten beherbergt; nur auf dem blauen Schindermann (Molinia coerulea Mnch.) und dem Teichrohre (Phragmites communis Trin., Arundo Phragmites L.) zeigt sich eine andere Clavicepsart, nämlich die durch ihre kleinen, dem Stiel sich anschließenden Köpfchen ausgezeichnete Claviceps microcephala Tul. Auf dem Bartgrase (Andropogon Ischaemum L.) fand Cesati das Mutterkorn von Claviceps pusilla Ces. Auf den Binsen (Heleocharis R. Br. und Scirpus L.) kommt Claviceps nigricans Tul. vor. Das Abmähen muß sich daher unter solchen Umständen auf alle Süß-Gräser an den verschiedensten Standorten erstrecken.

Aus dem allgemeinen und weit verbreiteten Erkranken der verschiedenen Nährpflanzen sehen wir gleichzeitig, wie wenig die Mutterkornbildung vom Boden abhängig ist, wie wenig dieselbe aber auch etwa eine Kulturerscheinung ist, wie von vielen Krankheiten behauptet wird. Man beobachtet die Mutterkornbildung auf Gräsern, welche isolirt auf hohen Gebirgskämmen wachsen, bisweilen in außerordentlicher Ueppigkeit.

Als Vorbeugungsmaßregel gegen die weitere Ausbreitung des Mutterkornes wird nur in einer Beziehung auf die Kultur hinzuweisen sein, wie dies Kühn[1]) bereits gethan hat. Derselbe räth, geleitet von der Beobachtung, daß die Infektion in dem aufblühenden Aehrchen am leichtesten ist, diejenige Kultur an, welche ein recht gleichmäßiges Abblühen bedingt, also die Drillkultur.

Von Sclerotiumbildungen auf Kulturpflanzen sei ein sehr häufig vorkommendes, schorfartig ausgebreitetes Dauermycel erwähnt, welches unter einer oft fußbreiten, blendend weiße Rasen bildenden Schimmelvegetation entsteht, die Mohrrüben-, Cichorien- und andere Umbelliferenwurzeln überzieht. Namentlich da, wo die Wurzeln in Haufen liegen, kann die Krankheit sehr gefährlich werden. Man findet Mohrrüben, welche mit ihrem Kopfe frei aus dem Pilzgewebe herausragen und anscheinend gesund sind; zieht man dieselben aber heraus, so findet man die vom Pilz bedeckt gewesenen Theile in jauchiger Zersetzung. Ueber die Sclerotien auf diesen Wurzeln ist man in Zweifel, ob sie bei ihrer sehr großen Verschiedenheit alle dieselbe höchste Fruchtform entwickeln.

Cömans in seinen „Recherches sur la génèse et les metamorphoses de la Peziza Sclerotiorum Lib.[2]) berichtet von kugeligen, gelappten, abgeplatteten, convexen und cylindrischen Sclerotienformen, welche sämmtlich aus der Sphaceliaform obigen Pilzes hervorgingen und theilweis Sclerotium varium Pers. und dessen Varietät elongatum Chév. (auf Mohrrüben), theils Scl. compactum DC. und tectum Fr. (auf Rüben und Cichorienwurzeln) oder Scl. bullatum DC. (auf Runkeln) oder endlich auch Scl. sphaeriaeforme Lib. darstellten. Bei den untersuchten Exemplaren sah Cömans das Sclerotialgewebe direkt in den

1) Mittheilungen aus dem physiol. Laborat. Heft I. S. 35.

2) Münter a. a. O. S. 20.

Stiel der vollkommenen Fruchtform, der Peziza Sclerotiorum übergehen, welche ebenso variirt, wie die Dauermycelien. Die Varietäten sind aufgeführt als var. clavariformis, infundibuliformis, subturbinata und hypocrateriformis. Der Durchmesser des Köpfchens variirt von 1 Mm. bis 1 Ctm. Bei Kulturen, welche Kühn im Jahre 1861 anstellte, erhielt derselbe vom Dauermycel der Mohrrübe einen Blätterpilz, Agaricus Sclerotii Kühn. Sind einzelne Wurzeln im Haufen einmal erkrankt, wird man immer gut thun, auch die gesunden Wurzeln des Haufens als Saatgut für die nächstjährige Samenzucht zu vermeiden, da man sehr leicht Stylosporen mit auf den Acker bringt, selbst wenn man die Wurzeln schon reinigt, bevor die Dauermycelien ihre Fruchtkörper entwickelt haben.

Aus lange stehen gebliebenen Tabakstengeln gewann Münter das braune runde Sclerotium Semen Tode, welches bei der Kultur auch einen Hymenomyceten, die Typhula variabilis Riess entwickelte. Ein dem Sclerotium Semen gleich aussehendes, rapskorngroßes, kugeliges Dauermycel zeigte mir Prof. Cohn aus abgestorbenen Lupinenstengeln. Auf faulenden Weinblättern fand Fuckel[1]) ein Sclerotium, das er Scl. echinatum nannte; aus demselben entwickelte sich als vollkommene Fruchtform die Peziza (Sclerotinia) Fuckeliana dBy. Als erster Zustand, welcher der Sphacelia des Mutterkornes entspricht, ist ein Traubenschimmel, Botrytis cinerea Pers. (Polyactis Aut.) zu betrachten. Nach Fuckel ist Sclerotium inclusum das Dauermycel eines im Frühjahre auf faulenden Bättern, namentlich der Pappel erscheinenden Hymenomyceten, der Pistillaria ovata Pers. Das Sclerotium sphaeriaeforme Lib., welches Cömans auch zu Peziza Sclerotiorum rechnet, ist nach Fuckel die Pycnidenform eines Rußthaues, der Pleospora maculans Tul., die an Stengeln von Erysimum Alliaria im Frühjahre vorkommt, während das Dauermycel an faulenden Stengeln von Kohlarten (Brassica oleracea L.) und Bohnen (Phaseolus) erscheint. Das Sclerotium Sphaeroides Pers. ist die schlauchtragende Fruchtform der auf dürren berindeten Aesten der Zitterpappel vorkommenden Dothiora Sphaeroides Fuckl. Als ächter Parasit sei schließlich das auf den Sauergräsern (Carex) auftretende Sclerot. sulcatum Desm. erwähnt, dessen vollkommene Frucht die Peziza Duriaeana Tul. ist. Eine weitere Zusammenstellung derjenigen Pilze, bei welchen Dauermycelbildungen bisher beobachtet worden, giebt de Bary[2]), und einigen weiteren Beispielen werden wir im Folgenden noch begegnen.

VIII. Erstickungsschimmel des Thimotheegrases.
Epichloe typhina Tul.[3])

Mit der vorigen Gattung zwar in die Abtheilung derjenigen Sphärien gehörend, bei welchen viele Fruchtkapseln auf einem Pilzkörper vereinigt sind, ist Epichloe doch sonst in ihrer ganzen Erscheinungsweise von Claviceps verschieden. Der die Perithecien vereinigende Pilzkörper bildet nicht, wie bei Claviceps eine gestielte Kugel, sondern eine flache, die Unterlage überziehende Masse. Diese Unterlage wird ebenfalls von den Gräsern und zwar unseren werthvollsten Wiesengräsern

1) Diese und die folgenden Angaben aus Symb. myc. und Nachtrag I.
2) Morphologie und Physiologie d. Pilze u. s. w. S. 29.

3) Sphaeria typhina Pers., Sphaeria spiculifera Sow., Dothidea typhina Fr., Cordyceps typh. Fr., Hypocrea spec. Fr., Typhodium graminis Lk., Polystigma typhinum DC., Stromatosphaeria typhina Grev., Claviceps typh. B.

gebildet. Epidemisch ist der Schmarotzer aber bis jetzt nur an dem Timotheegrase (**Phleum pratense L.**) beobachtet worden. Dieses wichtige Futtergras hatte bisher wenig von Krankheiten zu leiden. Außer Rost und Mutterkorn, die selten größeren Schaden anrichteten, war kein Parasit bekannt, bis in neuerer Zeit durch Kühn[1]) ein Fall von derartigem Erkranken beobachtet wurde, daß ein Dritttheil der sämmtlichen Pflanzen eines großen Kleeschlages ernstlich litt. Die Ursache war die obengenannte Epichloe. Die Erkrankung zeigt sich zunächst in Form eines grauweißlichen, später gelben, schimmeligen Ueberzuges, der die Blattscheide und bisweilen die Unterseite der oberen Blätter junger, nicht blühender Triebe überzieht. Der Ueberzug entsteht durch das dichtverflochtene Mycel, dessen zahlreiche aufrechte, äußerst kleine, borstenförmige Aeste eiförmige, 0,005 Mm. messende Conidien erzeugen. Nachdem die Conidienbildung eine längere Zeit angedauert, bilden sich auf dem filzigen Gewebe zuerst vereinzelt, später in zusammenhängender Schicht vereinigt, die kleinen kugelig-eirunden, fleischigen, etwa 0,4 — 0,6 Mm. hohen, goldgelben Perithecien aus, welche an ihrem Scheitel die ungefärbten, linearischen Schlauchsporen austreten lassen. Diese meist geraden, bisweilen gekrümmten (nach Kühn vielkammerigen) Sporen liegen zu acht in jedem der lanzettlich-linearischen, dünnwandigen, mit verdicktem Stiele versehenen Schläuche, welche alsbald vergehen und die wasserhellen Sporen in Freiheit setzen. Solche gelbe, reife Perithecien fanden die Gebrüder Tulasne schon im Juni.

Daß spätgebildete Perithecien ohne Schaden den Winter überstehen, ist mit Sicherheit anzunehmen, und daß dadurch die Krankheit von einem Jahre auf das andere übertragen wird, somit erklärlich, selbst wenn die Vermuthung sich nicht bestätigen sollte, daß das Mycel an dem im Boden bleibenden Theile mehrjähriger Gräser den Winter überdauert. Die Conidien übernehmen, wie überall, die sofortige Fortpflanzung im Sommer.

Wir haben an dieser Krankheit ein Beispiel des sog. „plötzlichen Befallens“ vor uns; denn bis zu den Beobachtungen von Kühn war von einer epidemischen Verbreitung des Pilzes nichts bekannt, obgleich derselbe früher schon vielfach beobachtet worden war. So beschreibt ihn Persoon[2]) schon im Jahre 1801 als Schmarotzer auf verschiedenen Gräsern unter dem Namen **Sphaeria typhina**; Fries[3]) im Jahre 1823 als **Dothidea typhina**. Einem genaueren Studium wurde der Pilz von Tulasne[4]) unterworfen und unter dem Namen **Epichloe typhina** beschrieben. De Bary[5]) weist gleichzeitig (gegen Bail) nach, daß die **Sphaeria typhina P.** ein ächter Endophyt ist, dessen Mycel vom Grunde der Graspflanze

---

1) Zeitschr. des landw. Centralvereins d. Prov. Sachsen. 1870. Nr. 12.
2) Synopsis method. fung. S. 29.
3) Systema myc. II. S. 553.
4) Selecta fungorum carpologia III. S. 24.
5) Flora 1863, cit. in Mykol. Ber. v. Hoffmann. Bot. Zeit. 1865. S. 100.

in den Intercellularräumen des Stengelmarkes emporsteigt. In der Tulasne'schen Beschreibung wird hervorgehoben, daß der Pilz auf Rispengras (Poa bulbosa L. und nemoralis L.), auf Honiggras (Holcus lanatus L.) und auf dem Knaulgrase (Dactylis glomerata L.) schmarotze. Letztere Nährpflanze fand auch Fuckel[1] häufig befallen; doch findet sich bei keinem Autor die Notiz über ein Auftreten des Pilzes in Besorgniß erregendem Grade.

Die Krankheitsursache war also stets vorhanden; doch fehlten die Bedingungen für ihre massenhafte Verbreitung. Sind dieselben einmal günstig, dann tritt der Pilz epidemisch auf und seine Verbreitung wird um so mehr bei Kulturpflanzen erleichtert, weil dieselben dicht beisammen stehen, mithin die vom Winde verwehten Sporen in allen Richtungen in unmittelbarer Nähe der zuerst befallenen Pflanzen sofort einen passenden Mutterboden finden, während ein solcher bei zerstreutem Stande der Nährpflanzen nicht so oft geboten wird. Aus Mangel daran geht ein großer Theil der Fortpflanzungsorgane des Pilzes zu Grunde. Insofern vermehrt die Kultur die Erkrankungsfälle.

Als Mittel gegen die obige Krankheit empfiehlt Kühn das sofortige Abmähen, sobald man das häufigere Auftreten des grauweißen Ueberzuges bemerkt. Das Feld wird darauf als Schafweide benutzt.

IX. Die Dürre der Steinobstzweige. Valsa Prunastri Fr.

Die Krankheit gehört zu den selteneren und besteht in einem Absterben einzelner Zweige. Sie beansprucht, hier erwähnt zu werden, weil sie an gesunden Bäumen von Aprikosen (Prunus Armeniaca L.) und Pfirsichen (Prunus Persica L.) sich gezeigt hat. An Ersteren wurde sie von Fuckel im Jahre 1861 beschrieben. An mehreren Varietäten von gesunden, im freien Lande stehenden Bäumen, zeigten sich im Juni plötzlich einzelne Aeste bis zu einer gewissen Tiefe hinab mit welkem Laube, das binnen wenigen Tagen vollständig abstarb. Um den grünen Hauptast zeigte sich an der absterbenden Stelle ringsum der obige Schmarotzer in seiner Spermogonienform, die als Cytispora rubescens von Fries beschrieben. Letzteren Namen erhielt der Pilz wegen der röthlichen Ranken, in welchen die cylindrischen Spermatien aus den rauchgrauen flachen Behältern heraustreten. Die zu dieser Spermogonienform gehörigen Schlauchfrüchte erscheinen erst im Frühlinge auf dürren Aesten; sie sind bisher nur auf der Schlehe (Prunus spinosa L.) gefunden worden und stellen gehäufte, kohlig harte, linsenförmige, mit lang schnabelförmig vorgezogener Mündung versehene Perithecien auf dem Stroma unter der Rinde dar. Die Schnäbel der oft vier- bis sechseckigen Perithecien sind gefurcht und divergiren von einander, wodurch sie auf der Rinde bisweilen das Bild eines Sternes er-

1) Symbolae mycologicae 1870. S. 185.

zeugen. Die Sporen enthaltenden Schläuche sind linear-ellipsoidisch achtsporig; die darin in zwei Reihen liegenden Sporen sind cylindrisch, gekrümmt und fast farblos.

Das Abschneiden der Aeste unterhalb der erkrankten Stelle genügt zur Heilung der Krankheit.

X. Rothgelbe Fleischflecken der Pflaumenblätter. Polystigma rubrum Tul. (Tafel XIV.)

Der Mycelkörper, der bei den vorigen Parasiten eine so auffallende Entwicklung außerhalb der Nährpflanze zeigte, zieht sich hier ganz in das Innere des befallenen Pflanzentheiles zurück. Hier bildet er ein dichtes, leuchtend gefärbtes Lager und in diesem, gänzlich eingesenkt, liegen die Fruchtbehälter. Die Gattung **Polystigma** hat nur wenige Arten, von denen die gefährlichste für unsere Kulturen die obengenannte, in den Blättern der Pflaumen schmarotzende ist.

Das vom Pilze befallene Pflaumenblatt hat glänzend rothgelbe oder feuerrothe Flecken von kreisrunder bis elliptischer Gestalt (Fig. 1). Auf der wachsglänzenden Unterseite des Fleckens entstehen bald noch intensiver gefärbte, schwer erkennbare Punkte, welche sich als die Mündungen (Ostiola) von vollständig in das Gewebe des Pilzes und des Blattes eingesenkten Kapseln (Conceptacula) zu erkennen geben, wie (Fig. 2 c) der Querschnitt eines gelben Fleckens zeigt. Diese bald sparsam, bald reichlicher erscheinenden Behälter sind kugelig, haben einen Durchmesser von etwa 0,1 Mm. und dicke rothe Wandungen innerhalb des parenchymatischen Pilzgewebes (Figg. 3 und 4 p), welches ebenfalls verwaschen roth gefärbt ist. Ihre Mündung ist eine kaum bemerkbare Papille (Fig. 3 o); durch dieselbe treten die noch räthselhaften Spermatien oder Microstylosporen (Fig. 3 sp). Die Behälter, welche oft so dicht bei einander liegen, daß sie ein einziges, großes, mehrkammeriges Gebilde darstellen, geben sich somit als Spermogonien zu erkennen.

Die Spermatien sind sehr klein, 0,03 Mm. lang, oberwärts verdünnt und hakenförmig gekrümmt (Fig. 5); sie stehen am Ende eines einfachen, geraden, linearischen Fadens (Sterigma) und sind bei der Reife in einen rosenrothen oder feuerrothen Schleim eingebettet, der bei Wasserzutritt wolkig herausquillt (Fig. 2 s).

Diese Entwicklungsstufe des Parasiten bleibt während der ganzen Vegetationszeit des Pflaumenblattes dieselbe; erst nachdem dieses abgefallen und, auf dem Boden liegend, braun und mißfarbig wird, beginnt der Pilz, dessen dichtes, einem Dauermycel ähnlich gebauetes Lager (Stroma) sich nun auch braun färbt, seine vollkommene Entwicklung.

Im Laufe des Winters nämlich verschwinden meist die Spermogonien und an ihrer Stelle entstehen in demselben Stroma andere, stets einfächerige Behälter, in

deren Innerem sich jetzt Schläuche (Figg. 4 a und 6) mit Sporen (Fig. 4 sp) ausbilden.

Die keulenförmigen, nach der Basis hin verdünnten Schläuche von 0,065 Mm. Länge und 0,01 Mm. Dicke enthalten acht ellipsoidische bis eirunde Sporen von 0,01—0,013 Mm. Länge und 0,006 Mm. Dicke. Diese Sporen sind blaß, glatt und einfächerig; sie müssen es sein, die im Frühjahre frei werden und die jungen Blätter infiziren, indem sie wahrscheinlich durch ihre Keimschläuche (Fig. 7 k) in das Blatt eindringen, dort ein reichliches, bald zu einem dichten, goldgelben Stroma zusammentretendes Mycel erzeugen und auf diese Weise den vorjährigen Entwicklungsgang wiederholen.

Wahrscheinlich hängt es von der Frühjahrswitterung ab, ob viele Sporen sich auf den Blättern entwickeln; denn dieselben Bäume leiden in einem Jahre mehr, als in einem anderen. Tritt der Parasit an jungen Bäumen sehr häufig auf, so kann er durch Herbeiführung einer kümmerlichen Ernährung merklichen Schaden verursachen, indem die kranken Blätter früher abfallen.

Ein Mittel gegen die Schäden, welche Polystigma verursacht, kann nur in der Entfernung der Infektionsheerde, also der alten, abgefallenen Blätter gefunden werden und da man in der Praxis die halbverfaulten Blätter nicht auflesen oder zusammenharken kann, so wird sich, namentlich in den Baumschulen, ein frühes Umgraben zwischen den Bäumen vor dem Laubausbruch empfehlen.

Diese Maßregel wird sich aber auch auf die Umgebung von Schlehensträuchern erstrecken müssen, da auf den Blättern derselben die Polystigma rubrum ebenfalls reichlich sich einfindet.

Eine zweite Art, Polystigma fulvum Tul. auf den Blättern der Ahlkirsche (Prunus Padus) hat für die Praxis nur eine geringe Bedeutung.

XI. Der schwarze Brand der Rothbuchentriebe. Quaternaria Personii Tul.[1])

Willkomm[2]) fand die letztjährigen Triebe mancher Rothbuchen schwach entwickelt und mit Cladosporium bedeckt. Die Rinde an der Basis der abgestorbenen

1) Die nach Willkomm's Beschreibung hier wiedergegebene Krankheit wird durch einen Pilz veranlaßt, den Willkomm Libertella faginea Desm. nennt. Die frühere Gattung Libertella ist aber nur der Spermogonienzustand höherer Pilze und die hier genannte L. fag. ziehen die Gebrüder Tulasne zur obigen Pyrenomycetengattung (Selecta fung. carp. II. S. 105). Es muß hierbei allerdings hervorgehoben werden, daß die Willkomm'schen Abbildungen der Spermatien nicht mit den Tulasne'schen Zeichnungen stimmen; ebenso wenig lassen sie sich mit den von Bonorden dargestellten Spermatien der Libertella fusca (Handbuch der allgem. Mykologie 1851 S. 57, Fig. 70), die von Fuckel (Symb. myc. S. 230) hierher gezogen wird, ganz in Uebereinstimmung bringen. Die Willkomm'schen Spermatien sind in der Zeichnung viel zu kurz im Verhältniß zur Dicke und zu wenig gekrümmt. Da es mithin nur wahrscheinlich, aber nicht gewiß ist, daß der obenerwähnte Pilz die Ursache der Krankheit ist, so lassen wir die Beschreibung und Entwicklungsgeschichte des Schmarotzers fortfallen.

2) Die mikroskopischen Feinde des Waldes. 1866. Heft 1. S. 101.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.
W. A. Meyn lith.

Zweige war schwarz, mit weißen Punkten bedeckt und im Inneren bereits zerstört; der Holz- und Markkörper war vertrocknet. Hier und da zeigten sich, namentlich an der Spitze der vertrockneten Zweige, lenticellenartige Höckerchen, aus denen bisweilen fädige, weiße Büschel hervorragten. An älteren Zweigen fanden sich einzelne ausgeheilte Stellen mit Ueberwallungsrändern der gesunden Rinde.

Die weißen Häufchen bestanden aus zahlreichen septirten Sporen (Fusisporium candidum Lk.), die von einem, im Inneren der Zweige wuchernden Mycel gebildet wurden. Rinde und Holzkörper, namentlich die Markstrahlen, wurden von tangentialen und radialen Spalten durchsetzt. In zweijährigen Zweigen erscheint der Holzkörper an den kranken Stellen, besonders im neuen Jahresringe, schwärzlich gefleckt. Die Zellen des stark gebräunten Rindenparenchyms, sowie die der Bastbündel, sind mit einer röthlich gelben, bis dunkelrothbraunen krumigen oder fädigen, oft darmähnlichen Masse bedeckt, von welcher auch der stets ganz schwarzbraune Cambiumring strotzt.

Die an absterbenden Zweigen auftretenden lenticellenartigen Warzen sind kleine, aus wirren Pilzfäden gebildete, braunwandige Kammern; sie zeigen sehr reichlich eine graugrünliche Masse, bestehend aus stabförmigen Körperchen, den Spermatien, welche von radial gestellten Sterigmen im Inneren der Kammern (Spermogonien) abgeschnürt werden und, in Schleim eingebettet, rankenförmig nach außen treten. Diese Entwicklungsform stellt die Libertella faginea dar.

Vom äußeren Umkreise und der Spitze dieser Spermogonien erheben sich zahlreiche, weiße Büschel; diese gleichen den Mycelfäden des Fusidium candidum, welches Willkomm für eine zu Libertella gehörige Entwicklungsform betrachtet.

Das fast regelmäßige Auftreten der Rindenschwärzung und der Sporenbüschel unmittelbar über der Ansatzstelle der jungen Triebe scheint dafür zu sprechen, daß das Eindringen der Parasiten zu einer Zeit geschieht, wo erst der unterste Theil des Triebes sich entwickelt hat (Laubausbruch). In dieselbe Zeit fällt auch das Auftreten einer Cotyledonen- und Stengelkrankheit an jungen Buchenpflanzen, welche viel Aehnlichkeit mit dem schwarzen Brande hat, der Bäume von allen Altersklassen, vorzugsweise aber Stämme von 21—40 Jahren erfaßt. Die kümmerlichen Pflanzen scheinen die besten Brutheerde für den Pilz zu sein, der in der Spermogonienform die Buchentriebe nicht tödtet und die Krankheit wohl auch nicht weiter verbreitet. Die Fortpflanzung derselben geschieht durch das Fusidium candidum, welches überwintert und sich durch die Sporen von einem Jahre auf das andere überträgt.

B. Scheibenpilze. Discomyceten.

Der Name „Scheibenpilze“ bezieht sich auf die, bei der Mehrzahl der hierher gehörigen Gattungen vorkommende, Anordnung der Schläuche der vollkommenen Frucht in Form einer dichten Fruchtschicht (Hymenium), welche die Oberseite des,

oft gleich von seinem Entstehen an schalenförmig offenen, Fruchtkörpers (Cupula) überzieht. Die sporentragenden Schläuche sind also nicht, wie bei der vorigen Familie von einem Gehäuse eingeschlossen. Die freie (also gymnocarpe) Fruchtscheibe ist allerdings sehr verschieden gestaltet. In wenigen Fällen stellt sie ein einfaches, zusammenhängendes, fast flaches Lager unter der später aufplatzenden Cuticula dar, ohne daß ein besonderer Fruchtkörper gebildet wird, wie bei der alsbald zu erwähnenden Gattung Exoascus; in den meisten Fällen dagegen ruht die Fruchtscheibe (Hymenium) auf einem kopfförmigen, concaven oder gewölbten, bisweilen keulenförmigen Träger, wie bei den Morcheln (Morchella, Helvella), bei denen die Sporen durch den geringsten Stoß oder schon durch Anhauchen nicht selten plötzlich aus den Schläuchen herausgeschleudert werden. Oft erfolgt die Ausstreuung der Sporen auch allmählig. Die reifenden Sporen nehmen durch ihr Wachsthum einen immer größeren Raum ein und vermehren somit den Druck der eng an einander liegenden Schläuche und der haarähnlichen, an der Spitze keulig angeschwollenen, auch bei vielen Kernpilzen zwischen den Schläuchen eingeschobenen Gebilde (Paraphysen), welche gemeinschaftlich in sehr dichter Lagerung die Fruchtschicht bilden. Wenn der seitliche Druck endlich sehr stark wird, werden die Sporen aus den reifsten Schläuchen herausgequetscht.

Wie bei der Familie der Pyrenomyceten findet auch hier bei einzelnen Arten die Bildung verschiedener Fortpflanzungsorgane, wie Conidien, Spermatien und Stylosporen statt, welche als Vorläufer der schlauchbildenden Form auftreten. In einigen Fällen sind auch zweierlei Schlauchsporen beobachtet worden, die auf verschiedenen Fruchtträgern stehen. Dieses Verhältniß zeigt sich bei einigen Arten der Gattung Peziza. Die größeren Fruchtträger enthalten größere Sporen, welche mit einem Keimschlauche keimen; die kleineren Sporen dagegen, auf kleineren Fruchtträgern gebildet, treiben bei der Keimung ein Promycelium, wie die Teleutosporen der Rostpilze und erzeugen auf denselben Sporidien[1]). Solcher Wechsel zeigt sich z. B. bei der auf Carex arenaria schmarotzenden Peziza Duriaeana.

Bei einigen Gattungen ist die Bildung von Dauermycelien (Sclerotien) nicht selten; aus denselben entwickeln sich nach einer Ruheperiode die schlauchtragenden Fruchtkörper. Nur in vereinzelten Fällen beobachtete man bis jetzt die Erzeugung von Conidien auf dem Sclerotium. Ein Beispiel dafür liefert Peziza Fuckeliana, deren auf absterbenden Weinblättern sich entwickelndes Dauermycel eine Conidienbildung zeigt, die als Botrytis cinerea Pers. beschrieben worden ist. Diese Knospenbildung zeigt sich jedoch meist nur bei dem unbedeckten Dauermycel, das den Namen Sclerotium echinatum führt; wird dasselbe etwa 1 Cm. hoch mit Erde bedeckt, entwickelt es seine vollkommenste Fruchtform, das Pezizabecherchen. Aehnliches beobachtete Brefeld an dem Dauermycel des Penicillium glaucum, dessen Ascogonien durch zu trockene Aufbewahrung entwicklungsunfähig geworden waren.

1) de Bary: Morphologie u. Physiol. d. Pilze, Flechten und Myxomyceten. 1866. S. 200.

Einen der einfachsten Discomyceten finden wir in der Gattung Exoascus repräsentirt, welche ein blasiges Auftreiben der Blätter von Steinobstgehölzen und einzelnen Kernobstbäumen (Birnen) sowie von Waldbäumen (Erle) veranlaßt. Die wichtigste Art der Gattung erzeugt

I. Die Taschen- oder Narrenbildung der Pflaumen, Exoascus Pruni Fuck. (Taphrina Pruni Tul.) Tafel XV.

Die Krankheit dürfte kaum irgend einem Obstzüchter unbekannt sein. Das charakteristische Merkmal derselben ist die Mißbildung, welcher die jungen Früchte unterliegen, die sich bald nach der Blüthe zu meist seitlich zusammengedrückten, krautartig grünen, später weiß oder ocherfarbig überpuderten Taschen von der Größe einer normalen Pflaume und darüber ausbilden (Fig. 1 t). Im Volk sind die Mißbildungen, die nicht nur in Europa, sondern auch in Amerika[1]) vorkommen, mit den Namen: Narren, Schoten, Hungerzwetschen, Turcas, Bladderplum rc. bekannt. Sie sind nicht mit den sonst normalen Früchten einer Varietät[2]) zu verwechseln, die nur das mit den kranken Pflaumen gemein hat, daß der Stein nicht ausgebildet ist.

Nach Treviranus erwähnen schon Cäsalpin, Camerarius und andere ältere Autoren die Krankheit; spätere Schriftsteller dagegen und grade solche, welche über Krankheiten der Pflanzen geschrieben, haben dieselbe gar nicht oder nur sehr kurz erwähnt und sind in Betreff der Krankheitsursache den verschiedensten Irrthümern verfallen. Vor allem wurde die ungünstige, vorzugsweise naßkalte Witterung während der Blüthezeit der Pflaumen als Ursache hervorgehoben, die das Allgemeinbefinden des Baumes störte. Nächstdem erklärte man die Erscheinung damit, daß die nasse Witterung die Befruchtung verhindern sollte; auf einzelnen Blüthen machten sich dabei äußere Einflüsse geltend, welche eine gesteigerte Ernährung hervorrufen und auf diese Weise Veranlassung zur Vergrößerung des Fruchtknotens würden. Gleichzeitig mit dieser Ansicht suchte eine andere die Ursache der Erkrankung in dem Stiche von Rüsselkäfern oder andern Insekten, betrachtete also die Taschen der Pflaumen als Gallen, was für den ersten Augenblick viel Wahrscheinlichkeit für sich hat.

---

1) Wenigstens paßt die Beschreibung, welche Master in seiner Vegetable teratology 1869 S. 465 von Dr. Robb in Neu-Braunschweig citirt, genau auf diese Krankheit. de Bary vermuthet dieselbe auch in Asien an einem dem Prunus Padus verwandten, von Wallich gefundenen Baume. Hierher zu ziehen ist ferner eine Notiz in der Bot. Zeit. 1853 S. 816, nach der im Himalaya an einer Vogelkirsche die Taschenbildung so häufig erscheint, daß man den Baum als besondere Art Cerasus cornuta aufgeführt hat.

2) Kirke's stoneless — Prunus nucleo nudo, segmento circuli osseo comitato. Act. ac. R. P. in Duhamel: Traité des arbres II. S. 184.

Die Entdeckung der wirklichen Ursache verdanken wir Fuckel[1]), das genaue Studium der Krankheitsvorgänge endlich de Bary[2]), dem wir hier folgen.

Bis jetzt sind die Taschenbildungen an der Zwetschke, an der Schlehe und an der Ahlkirsche (Prunus Padus) gefunden worden. Sie erscheinen in der Regel zu Ende April oder Anfang Mai. Ihre Größe und Gestalt ist sehr verschieden; nach Treviranus können sie die Länge eines Fingers erreichen. Bald erscheinen sie, ähnlich einer Schote, zusammengedrückt, bald spindelförmig, bisweilen gerade, häufiger etwas gekrümmt.

Bei allen drei Nährpflanzen unterscheiden sich die Taschen zunächst von den gesunden, jungen Früchten durch ihre bleiche, gelbliche, bisweilen röthliche Farbe; die Oberfläche ist unregelmäßig runzelig oder warzig; die flachen Erhabenheiten und Vertiefungen selbst sind aber glatt und glänzend. Später zeigt sich ein äußerst zarter, matter Ueberzug, der erst weiß und später ochergelb und flaumig wird, bis schließlich die Oberfläche braune Flecken erhält und die ganze Tasche unter Auftreten von Schimmelpilzen zusammenschrumpft und bald abfällt.

Das Innere der weiten Tasche ist eine mit Luft erfüllte Höhlung, an deren oberer Wandung die mehr oder weniger vollkommen entwickelten Samenknospen sitzen. Taschen, welche von Insekten angestochen waren, sind nur in kleiner Anzahl bisher beobachtet worden.

Bei der Schlehe und Hauspflaume entwickeln sich die Taschen ganz in derselben Weise. Erst 14 Tage oder (bei den Schlehen) bisweilen 4 Wochen nach der Blüthe erkennt man die ersten Anzeichen der Taschenbildung, indem einzelne Früchtchen bleicher grün erscheinen, an Größe schnell zunehmen und sich zu krümmen beginnen. Innerhalb weniger Tage sind sämmtliche Früchte, die sich zu Taschen ausbilden werden, auf diese Weise gekennzeichnet; später treten keine neuen Erkrankungen mehr ein und daher sieht man die sämmtlichen Taschen eines Baumes in annähernd gleicher Entwicklung. Schon etwa 8 Tage nach dem ersten Auftreten der Mißbildung hat dieselbe ihre schließliche Größe erreicht.

Zur Zeit, wo die Taschenbildung kenntlich wird, haben die gesunden, dunkelgrünen Fruchtknoten der Schlehe etwa eine Länge von 4 Mm. und die der Zwetsche von ungefähr 10 Mm. Die Fruchtwand läßt bei ihnen schon 2 deutlich gesonderte Schichten erkennen, von denen die innere, welche später den Stein bildet, aus kleinen, zartwandigen, in allen Richtungen gleichen Durchmesser zeigenden Zellen besteht; die dickere äußere Schicht dagegen aus einer durchscheinenden großzelligen Parenchymmasse gebildet ist, die von zahlreichen Gefäßbündeln durchzogen wird. Diese scharfe Abgrenzung der beiden Schichten fehlt bei dem zur Tasche auswachsenden Fruchtknoten, indem die innere, kleinzellige Gewebeschicht ganz allmählig in die äußere großzellige übergeht. Die Zellen der letzteren sind aber nicht so groß und nicht so

1) Enumeratio fungorum Nassoviae 1861. S. 29 und Symbolae myc. 1869—70. S. 252.
2) Beiträge zur Morphologie d. Pilze I. 1864. S. 33.

derbwandig, wie bei dem normalen Fruchtknoten und daraus ergiebt sich, daß zur Bildung der großen Tasche eine abnorme Zellenvermehrung eintritt.

Parallel mit der Ausdehnung der Tasche geht häufig die von dieser umschlossene Samenknospe, die sich sonst nicht von der normalen unterscheidet, eine Längsstreckung ein, krümmt sich und wird auf ihrer Oberfläche riefig und runzelig.

Die Ursache dieser Veränderungen findet man, sobald die ersten Abweichungen von der normalen Färbung den Anfang der Ausartung zeigen, in dem zartwandigen Mycelium des **Exoascus pruni**, welches in den die Fruchtwand durchziehenden Gefäßbündeln zwischen den zartwandigen Leitzellen (Weichbast) sich hinzieht. Die verzweigten Fäden dieses Mycels (Figg. 2 m, 4 m) sind durch zahlreiche Querwände in unregelmäßige, bald kürzere und dickere oder längere und dünnere Glieder getheilt, deren Querwände meist viel dicker, als die Längswände erscheinen, wodurch ein ganz charakteristisches Aussehen des Mycels bedingt wird. Man kann es häufig in der ganzen Länge des die Tasche durchziehenden Gefäßbündels wahrnehmen und de Bary gelang es, dasselbe auch in den meist unveränderten Stiel der Tasche, sowie ein Stück in die Bastbündel des Zweiges hinein zu verfolgen.

In der entartenden Frucht treiben nun die Mycelfäden sehr zahlreiche Zweige zwischen den Zellen des ungenießbar bleibenden Fruchtfleisches, bis allmählig, vom Stielende beginnend, die ganze Tasche durchsponnen ist und zahlreiche Aeste sich unter der Epidermis hinziehen. Die Figg. 3 u. 4 geben Flächenansichten von Epidermisstücken einer jüngeren und älteren Tasche. Nur die Spaltöffnungen (sp) erscheinen von dem Mycel nicht umsponnen.

Alsbald drängen sich nun auch Zweige des Mycels zwischen den Zellen der Oberhaut hindurch, um an deren Außenseite umzubiegen und sich auf diese Weise unmittelbar unter der sich abhebenden Cuticula weiter zu verbreiten (Fig. 2 h). Durch Verästelung und neue Querwandbildung entsteht endlich aus diesen oberflächlichsten Fäden ein zwischen der Oberfläche der Epidermiszellen und der Cuticula sich ausbreitendes Mycel-Netz, dessen einzelne Zellen kaum doppelt so lang als breit sind. Diese Zellen strecken sich nun senkrecht zur Oberfläche der Frucht, so daß sie die Form kleiner Cylinder erhalten, die reich mit Protoplasma angefüllt sind (Fig. 5 s)[1]).

In Figg. 5 u. 6 bedeuten m die Mycelfäden, e die Epidermis, h die Fruchtschicht, das Hymenium, des Pilzes, c die Cuticula der Tasche.

Während die kleinen Cylinder endlich schlauchförmig werden, sich oben keulenförmig erweitern und dabei abstutzen (Fig. 6 s), erscheint auch die letzte Hülle der Frucht, die Cuticula (Fig. 5 c) endlich durchbrochen. Dabei ist das Protoplasma in die obere Hälfte (Fig. 7 a b) des Schlauches gewandert; der untere kleinere, wasserhelle Theil hat sich durch eine Querwand abgegrenzt (Fig. 7 a — f) und

---

1) Aus einer Tasche von Prunus Padus nach de Bary, von dem auch die anderen anatomischen Abbildungen entlehnt sind.

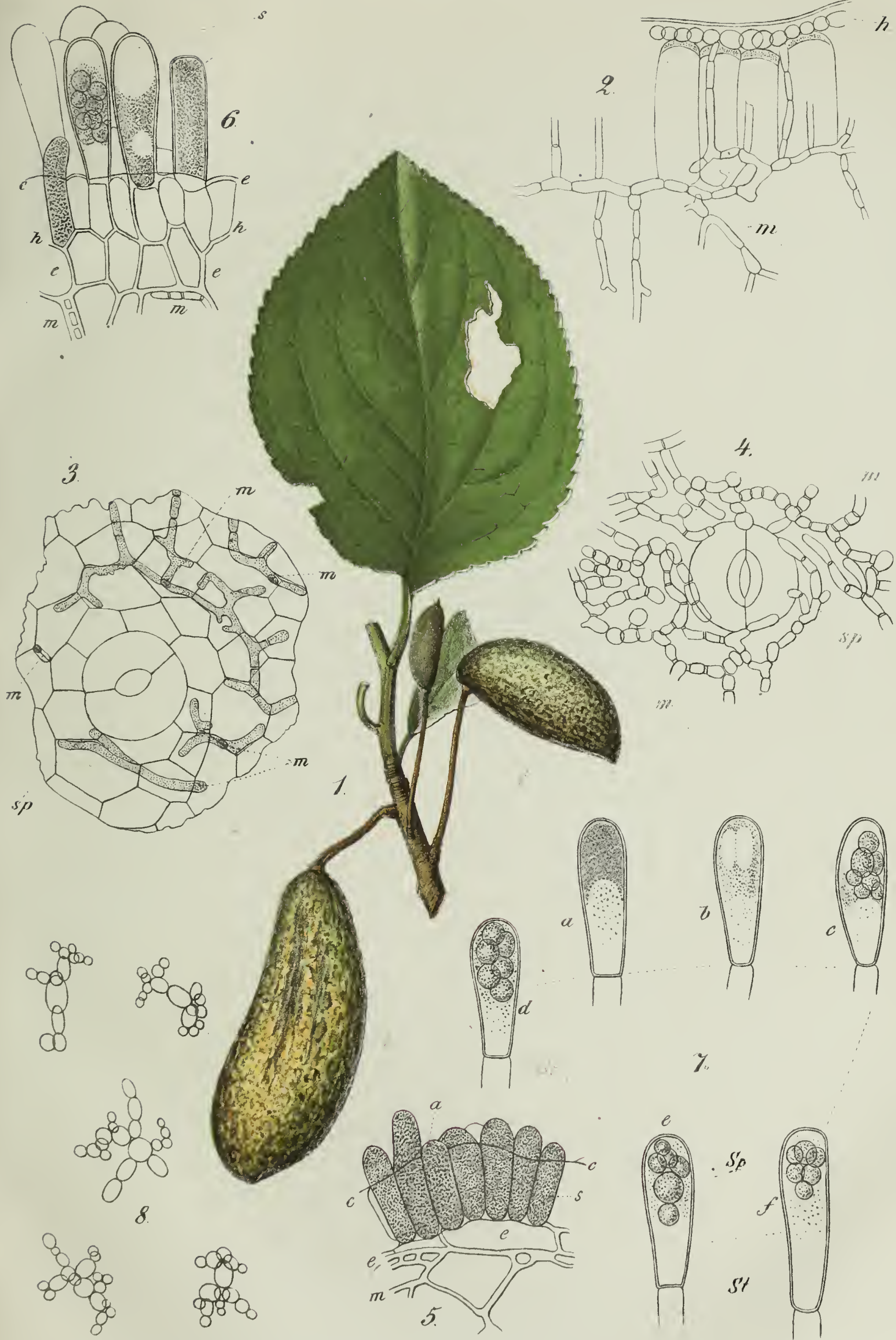
bildet auf diese Weise den Stiel (Fig. 7 st) des oberen Theiles, des Ascus, der in seinem Inneren nun die Sporen (Fig. 7 sp) erzeugt, welche später aus der Spitze des Schlauches herausgeschlendert werden. Die ganze Schicht also, welche über der Oberfläche der Oberhautzellen hinläuft, ist auf diese Weise als Hymenium (Fig. 2 und 6 h) zu betrachten.

Mit dem Durchbrechen der Cuticula durch die ungleichzeitig sich entwickelnden Asci werden die Taschen mattweiß und mehlig. Das reife Hymenium sieht schmutzig ochergelb aus, was wahrscheinlich von der Farbe der Sporen herrührt. Mit dieser letzten Farbenveränderung wird die Tasche welk; es finden sich andere Schimmelpilze ein und alsbald fällt das krankhafte Gebilde vom Baume.

Die Sporen (Fig. 7 c—f sp) sind rundlich oder breit oval, mit einer einfachen, farblosen, zarten Membran versehen. In Wasser oder schwach concentrirter Zuckerlösung beginnen oft schon nach 30—50 Minuten die Sporen eigenthümlich zu keimen, indem sie wie die Bierhefe sprossen d. h. Ausstülpungen treiben, welche Größe und Gestalt der Mutterzelle erreichen und von dieser sich durch eine Scheidewand trennen. Diese Sprossung wiederholt sich mehrere Generationen hindurch und bei ruhiger Flüssigkeit bleiben die einzelnen Sproßglieder in zusammenhängenden rosenkranzförmigen Reihen (Fig. 8). Dieser Vorgang zeigt sich häufig schon auf der Oberfläche der Tasche, ja nicht selten findet man schon im Inneren der Asci beginnende Sprossung der Sporen. In reinem Wasser werden die Sproßzellen ellipsoidisch oder nahezu cylindrisch; sie sind nicht fähig, eine Alkoholgährung hervorzurufen und dadurch unterscheiden sie sich von der ähnlichen Bierhefe, deren Zellen auch meist stärker umrandet und lichtbrechender sind.

Im Wesentlichen gleich zeigt sich auch die Entwicklung der Krankheit bei den anderen beiden Nährpflanzen; nur beginnt bei Prunus Padus die Entartung des Fruchtknotens schon vor dem Aufblühen und hier wird die Kelchröhre meist mit ergriffen; sie wird schaalenförmig mit zurückgeschlagenen aufgeschwollenen Rändern; dabei schwillt die Basis der Staubfäden ebenfalls an, sowie bisweilen auch das Blüthenstielchen. Hier sowohl, als bei der Schlehe lassen sich sogar Degenerationen der jungen Laubtriebe beobachten, die oft gekrümmt erscheinen. Die Entartung läßt sich von der Achse aus auch auf die Blattstiele und Hauptblattnerven verfolgen; erstreckt sich aber nie bis auf das Blattdiachym. Dadurch, daß das Mycel des Pilzes schon vor der Entartung sich auffinden läßt, ist der Beweis vorhanden, daß der Exoascus die Ursache der Krankheit ist, wenn es auch bisher noch nicht gelungen ist, die Krankheit durch Sporenaussaat auf gesunde Exemplare zu übertragen.

Aus dem Umstande, daß derselbe Baum viele Jahre hindurch (in der Regel alljährlich) eine Anzahl Taschen erzeugt, läßt sich mit Sicherheit annehmen, daß das Mycel des Pilzes in den jungen Zweigen überwintert. In Folge dessen wird aber auch ein bloßes Einsammeln und Vernichten der Taschen die Krankheit nicht heben. Es dürfte hier nur das Zurückschneiden des Baumes bis auf das ältere Holz helfen.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.

W. A. Meyn lith.

Nicht durch das Befallen der Früchte, wohl aber durch die Zerstörung des Laubkörpers kann ein anderer **Exoascus**, nämlich **E. deformans Berk.**[1]) sehr gefährlich werden. Der Pilz zeigt sich namentlich reichlich auf den Pfirsichbäumen, bei denen er die Kräuselkrankheit (**Cloque du Pêcher**) verursacht. Die Blätter sind kraus, blasig aufgetrieben mit oft seitlich gekrümmter Mittelrippe ohne äußerlich wahrnehmbare Pilzvegetation. Wie mir scheint, bleibt der Pilz meist steril im Inneren des Blattes, das schon zu Anfang des Sommers abfällt. Schickt er sich zur Fruktifikation an, so wird das Blatt dicker und fleischiger. Bäume, welche einige Jahre hinter einander an der Kräuselkrankheit leiden, gehen gänzlich zu Grunde; dabei zeigt sich sehr häufig als späteres Krankheitssymptom noch der Gummifluß.

Auch an den Kirschblättern kommt derselbe Pilz vor, scheint aber hier seltener sich über eine ganze Pflanze auszubreiten. Unter dem Namen Kräuselkrankheit versteht der Gärtner bei der Pfirsich jede abnorme Kräuselung des Blattkörpers; dieselbe hat aber häufig ihren Grund in den Verletzungen durch Blattläuse, ist also in diesem Falle weit ungefährlicher und wird mit den Thieren verschwinden. Bei der durch **Exoascus** hervorgerufenen Kräuselung, die nicht selten auch von Blattläusen begleitet ist, wird aber kein anderes Mittel als starkes Zurückschneiden in's alte Holz helfen. Durch Lockerung des Bodens an der Stammbasis, kräftiges Begießen und unter Umständen durch Asche- oder schwache Kalidüngung wird man gleichzeitig den Baum zum Austreiben von Augen aus dem alten Holze anzuregen suchen müssen. Bisweilen bringt nach längerer Trockenheit ein starker Regen im Juli derartig die Bäume in Vegetation, daß sie, die durch den Pilz vollständig entblättert waren, sich von Neuem in demselben Jahre belauben. Dieses neugebildete Laub sah ich gesund bleiben.

Eine andere Art **Exoascus bullata**[2]) bewirkt blasige Auftreibungen der Birnenblätter; diese Krankheit, sowie die in ihrer Erscheinungsweise ähnliche, durch **Exoascus Alni de By**[3]) an den Erlenblättern verursachte, haben für die Kultur die geringste Bedeutung.

In neuester Zeit ist die Aufmerksamkeit auf eine Krankheit der Nadelhölzer gelenkt worden, welche den Namen Ritzenschorf erhalten hat. Verursacht wird dieselbe durch einen Discomyceten aus der Gattung Hysterium. Man unterscheidet nach R. Hartig[4]) zwei Arten:

---

1) Ascomyces deformans Berk., Ascosporium deformans Berk., Taphrina def. Tul.

2) Taphrina bullata Tul., Gymnosporium bull. Berk., Oidium b. B. Br., Ascomyces bullatus Berk., Ascosporium bull. Berk.

3) Ascomyces Tosquinetii Westd., Taphrina alnitorqua Tul.

4) Vorläufige briefliche Mittheilung d. Verf. aus dessen später erscheinendem Werke: Wichtige Krankheiten der Waldbäume.

II. 1. Den Fichtenritzenschorf oder die Fichtennadelbräune. Hysterium (Hypoderma) macrosporum R. Hrtg.[1])

Diese Krankheit ist dadurch kenntlich, daß die Nadeln entfärbt werden. Die Entfärbung beginnt in der Regel im Herbste des zweiten Jahres, zuweilen jedoch auch schon im August des ersten Lebensjahres der Nadeln und wird bedingt durch das Mycel des Parasiten, welches im Blattparenchym intercellular sich ausbreitet. Die braun gewordenen Nadeln fallen ab oder überwintern auch noch. Im Sommer des folgenden Jahres entstehen auf den beiden nach unten gekehrten Seiten der am Baume verbliebenen Nadeln die strichweise vereinigten Fruchtkörper in Form schwarzer, glänzender Längspolster. Die Schläuche derselben enthalten 8 fadenförmige Sporen von der Länge der Schläuche. Erst im Frühling des dritten Jahres können die Sporen verstäuben, da erst um diese Zeit die Fruchtpolster aufplatzen. Die Nadeln bleiben noch einige Zeit hängen und fallen erst völlig zerstört ab.

Die Krankheit ist sehr verbreitet und wirkt durch Zerstörung der Benadelung ähnlich dem Fichtennadelroste (Chrysomyxa).

2. Der Weißtannenritzenschorf. Hysterium (Hypoderma) nervisequium (DC.) Hrtg.

Die Krankheitserscheinungen sind den vorigen ähnlich. Die Nadeln bräunen sich und fallen ab. Die Fruchtpolster bilden hier aber nur einen schwarzen Längswulst auf der Nadelrippe der Unterseite, nachdem schon vorher sich zahlreiche Spermogonien auf der Oberseite der befallenen Nadel als breiter schwarzer Streifen eingestellt haben. Der Hauptunterschied der beiden von R. Hartig getrennten Arten beruht, abgesehen von der Verschiedenartigkeit der Nährpflanze, in der Größe der Schlauchsporen, die bei dieser Art zwar ebenfalls linear, aber nur halb so groß wie die asci sind, während sie bei der vorigen Art die Länge der Schläuche erreichen. Nach Hartig's Beobachtungen im Erzgebirge, wo in großen Beständen alle Weißtannen erkrankt sind, bleiben die 1- und 2 jährigen Triebe immer von der Krankheit verschont; dagegen werden die Nadeln der dreijährigen und älteren Triebe im Laufe einiger Monate völlig getödtet. Sehr viele Nadeln fallen auch ab, ohne Fruchtpolster zu bilden.

Von noch weiterer Verbreitung, aber geringerer Schädlichkeit ist eine andere Discomycetengattung, welche schwarze, harte, krustige Flecken auf den lebenden Blättern verschiedener Pflanzen bildet und den Namen Runzelschorf (Rhytisma) führt. Am bekanntesten dürfte Rhytisma acerinum, der Runzelschorf der Ahornblätter sein. Auf verschiedenen Weiden erscheint Rhytisma salicinum. Unter den Futtergewächsen leidet die Esparsette durch die Ausbreitung von Rhytisma Onobrychis

1) Hypoderma nervisequium Fuck. Symb. mycol. S. 258 u. Nachtrag II. S. 51.

DC. auf beiden Flächen der lebenden Blätter. Die Zerstörungen durch diesen Schmarotzer haben aber bisher noch keine besorgnißerregende Ausdehnung gewonnen; ebensowenig die eines andern Scheibenpilzes, des **Phacidium Medicaginis Lasch**, das im Herbste auf den lebenden Blättern der Luzerne und des Klee's erscheint.

Die meisten Schmarotzer aus der Familie der Scheibenpilze dürfte die Gattung **Peziza** liefern, von denen einige bereits bei Sclerotium Erwähnung gefunden haben. Gestalt, Größe und Aussehen sind sehr verschieden. Der Fruchtkörper ist bald becher=, bald scheibenförmig, sitzend oder gestielt, glatt, behaart oder durch kleine Schuppen von kleiig bestäubtem Ansehen. Die eigentliche Fruchtscheibe ist oft leuchtend gefärbt, wie unter den ungestielten Arten z. B. **Peziza sulphurea** mit gelber und **P. scutellata** mit hochrother, schwarzhaarig berandeter Scheibe. Unter den gestielten Pezizen ist z. B. **P. bicolor** weiß mit gelber Scheibe, **P. coccinea** weiß mit rother Scheibe. Gelblichbraun oder braun erscheint eine für uns sehr wichtige Art; dieselbe verursacht eine Krankheit des Klee's:

III. 1. Der Kleekrebs, die Sclerotienkrankheit des Klee's, Peziza ciborioides Fr. (Tafel XVI.)

Dieser Pilz zeigt sich nach den Untersuchungen von Kühn[1]) und Rehm[2]) als todtbringender Schmarotzer auf 4 verschiedenen Kleearten, nämlich auf unserem Rothklee (Trifol. prat. L.), dem Incarnatklee (Trif. incarnatum L.), dem Weißklee (Trifol. repens L.) und dem Bastardklee (Trif. hybridum L.). Das reichlich verzweigte Mycel, dessen Fäden bald nach ihrem Eindringen in die Nährpflanze eine Dicke von 0,01—0,015 Mm. erreichen, windet sich durch die Intercellularräume der ganzen Pflanze. Die Parenchymzellen des befallenen Pflanzentheiles beginnen alsbald, sich zu verfärben; die grünen Chlorophyllkörner werden braun, ebenso wie der gesammte übrige Zellinhalt, und die Wandungen beginnen undeutlich zu werden. Je reichlicher sich das Mycel an einer Stelle verzweigt, um so schneller geht die Auflösung der Zellen der Nährpflanze vor sich und schließlich besteht der Pflanzentheil stellenweis nur noch aus Ballen dicht verzweigter und verflochtener Pilzhyphen, die von der Epidermis bedeckt bleiben. Nur die Gefäße sind die einzigen weniger angegriffenen und deutlicher erkennbaren Reste des ehemaligen Nährgewebes.

Hat das Mycel die erreichbaren Theile der Pflanze mit Ausnahme des Wurzelkörpers durchzogen, so drängt sich an verschiedenen Stellen ein Büschel dicker Hyphen durch die Oberhaut; hier verästeln sich dieselben sofort sehr reichlich, so daß der ganze Hyphencomplex das Aussehen einer kleinen Traube erhält. Die

---

1) Ueber die Sclerotienkrankheit des Klee's, aus Hedwigia 1870. Nr. 4. S. 50.

2) Die Entwicklungsgeschichte eines die Kleearten zerstörenden Pilzes (Peziza ciborioïdes). Göttingen 1872.

so gebildeten kleinen Schläuche strecken sich sehr rasch zu langen unseptirten Fäden, welche sich nach allen Richtungen des Raumes zu einem Knäuel durch einander flechten. Auf diese Weise entsteht für das bloße Auge ein flockiges, weißes, rundliches Räschen. Drei bis vier Tage nach dieser Anlage kann man im Durchschnitte eines solchen Pilzrasens bereits zwei Schichten unterscheiden. In der Mitte liegt ein consistenterer, wachsartig aussehender Kern, von dem aus die Fäden nach allen Richtungen ausgehen und einen wolligen Ueberzug darstellen; der von kleinen ausgeschiedenen Wassertropfen perlenartig besetzt ist. Durch Neubildung von Scheidewänden in den Fäden, welche den Kern zusammensetzen, erhält derselbe eine pseudoparenchymatische Struktur, wobei die Zellen der äußeren Kernschicht eine dickere Membran und körnigen, schwarz gefärbten Inhalt erhalten, während die dünneren Fadenenden des flockigen Ueberzuges vertrocknen.

So entstehen binnen 14—20 Tagen trockene, solide, schwarze, innen weiße Körper, die sich sofort als Dauermycel zu erkennen geben (Fig. 1 u. 2 se)[1]. Dies geschieht in den Monaten November bis April; denn der Pilz leidet durch den Frost nicht, wenn er auch in seiner Entwicklung aufgehalten wird. Gestalt, Größe und Ort des Vorkommens der Sclerotien sind sehr verschieden. Von den kleinen, gänzlich soliden, mohnkorngroßen Exemplaren, welche meist an den Blättern beobachtet werden, bis zu den flachen, kuchenförmigen Ausbreitungen von bisweilen 12 Mm. Länge und 3 Mm. Dicke finden sich alle Uebergänge. Je nach ihrem Alter variirt ihre Consistenz; im frischen Zustande sind sie bei einem Wassergehalte von 61—65 % wachsartig oder korkähnlich; ausgetrocknet dagegen enthalten sie nur 11—12 % Wasser, sind dann hart wie Holz, spröde und zerbrechlich. Der Bau des Sclerotium ist der häufig vorkommende: größere cylindrische, oft sackartig erweiterte innere Markzellen (Fig. 3 m) und dichtere, kürzere, derbwandige dunkle Rindenzellen (Fig. 3 r). Wird ein eben ausgebildetes Dauermycel durchschnitten und läßt man die Theilstücke in feuchter Luft liegen, so wird die Schnittfläche durch neu auftretende Zelltheilung zu einer Rindenschicht.

Die am Wurzelhalse und etwas darunter entstehenden Sclerotien, die sich vorzugsweise am Roth- und Incarnatklee zeigen, sind in der Regel flacher; dagegen stellen die oberirdisch entstandenen, welche vorzugsweise an den liegenden Stengeln von Weiß- und Bastardklee auftreten, mehr kleine, runde Gebilde dar. Cellulosereaktion tritt nirgends auf; Fett, das bei dem Dauermycel des Mutterkornpilzes nach Winkler 32 % beträgt, ist hier in sehr geringem Maaße (1,6 %) vorhanden.

Die im Frühjahre sich vorfindenden Sclerotien des Kleekrebses bleiben nun bis Juli oder August liegen, nachdem sie durch gänzliches Verfaulen der Nährpflanze frei geworden sind. Bei eintretender Feuchtigkeit beginnen sie, um diese

---

1) In der Zeichnung erscheint der Sclerotiumkörper durchlöchert; die hellen Stellen sollen nur Hervorragungen des unebenen dunklen Dauermycels andeuten.

Zeit die eigentlichen Fruchtträger zu treiben, wodurch sie allmählig leer werden und verschwinden. Man findet auch hohle Sclerotien ohne irgend eine Spur von Fruchtträgern; in diesem Falle haben Tausendfüßler, Milben und Drathwürmer die Dauermycelien im Nachwinter ausgefressen. Natürliche Höhlungen kommen ebenfalls, namentlich bei großen Exemplaren vor; dieselben behindern die Keimung selbstverständlich nicht. Eine Verzögerung der Keimung findet nur bei mangelnder Feuchtigkeit oder zu starker Bedeckung des Sclerotiums mit Erde statt; bei günstiger werdenden Bedingungen treten diese aber wieder in Vegetation, und selbst nach $2^1/_2$ jähriger trockener Aufbewahrung besitzen sie noch ihre Keimfähigkeit.

Die erste Anlage zur Keimung (wenn man die Entwicklung eines Fruchtkörpers aus einem ruhenden, vegetativen Organe bei den Pilzen so nennen darf) zeigt sich in einer geringen Hebung der Rindenschicht, die später an dieser Stelle von einem stielartigen, dunkelbraunen Körper (Figg. 1 und 2 t) durchbrochen wird, welcher in der Nähe der Erdoberfläche kolbig anschwillt. Dies ist der junge Fruchtträger, das Pezizabecherchen. Kommt die immer stärker werdende, keulige Verdickung über die Erde, so zeigt sich bereits die Spitze etwas eingedrückt (Fig. 1 b) und dadurch, daß die Verdickung und dabei die Vertiefung der Spitze immer mehr fortschreitet, bildet sich endlich eine auf der Oberfläche der Erde flach aufliegende Scheibe mit eingedrückter Mitte. Bei längerem Stehen wird endlich die Scheibe convex, indem sich der aufreißende Rand nach unten umbiegt (Fig. 2 b). Die Farbe des jetzt ausgebildeten Pilzes und die Gestalt desselben sind nicht ganz constant. Die Oberfläche der Scheibe ist hellgelbbraun bis mattbraun; der sehr verschieden lange Stiel ist gelb oder dunkelbraun. Die Länge des Stieles wächst um so mehr, je tiefer erstens das Dauermycel in der Erde liegt und je verdeckter die junge Fruchtscheibe von Blättern ist. Um die Scheibe ans Licht zu bringen, windet und verlängert sich der Stiel bisweilen bis zu 28 Mm., wobei die Dicke zwischen 0,1—2,0 Mm. schwankt. Die Fruchtscheibe variirt zwischen 1—10 Mm.; je länger der Stiel, desto kleiner die Fruchtscheibe.

Durch die Ausweitung des Kopftheils der jungen Peziza-Frucht zur Scheibe sind natürlich die ursprünglich senkrecht aufsteigenden Pilzfäden, welche die Rinde bilden, in eine horizontale Lage gebracht worden (Fig. 4 r). Die Markzellen des Stieles (Fig. 4 m) aber, welche das Material für die sich vergrößernde Scheibe liefern müssen, theilen sich vielfach und bilden ein kleinzelliges, undurchsichtiges Gewebe, die subhymeniale Schicht (Fig. 4 s), aus der sich unmittelbar die Fruchtschicht, das Hymenium (Fig. 4 h) bildet, das am Rande aus einfachen, dünnen Fadenenden, den Saftfäden oder Paraphysen (Fig. 4 p), nach der Mitte zu auch noch aus keulenförmig angeschwollenen Schläuchen (Fig. 4 a) zwischen den Paraphysen besteht. Die 0,16—0,18 Mm. langen Schläuche (Fig. 5—7) enthalten zunächst gleichmäßiges Protoplasma, später 8 Zellkerne, die sich zu ebenso viel länglich-elliptischen Sporen ausbilden; dieselben sind von einer einfachen Membran umgeben, haben eine Länge von 0,016—0,02 Mm., eine Breite von 0,008

bis 0,01 Mm. und treten bei der Reife durch ein rundliches Loch an der Spitze des Schlauches aus (Fig. 7 sp).

Bei der großen Anzahl von Schläuchen, die eine Scheibe enthält, bilden die vielen frei gewordenen Sporen allmählig einen weißen, reifartigen Ueberzug. Gelangen diese Ascosporen (Fig. 8 a) in feuchte Luft oder auf Wasser, so können sie bereits nach 4—6 Tagen keimen; sie bilden dann 1—3 Keimschläuche, die nach einigen Tagen viele seitliche Anschwellungen zeigen und, einem Promycel ähnlich, an diesen Anschwellungen einzelne oder kettenförmig geordnete Sporidien erzeugen (Fig. 8 b).

Wie diese Keimschläuche in das Innere der Kleepflanze eindringen, ist noch nicht festgestellt, daß sie aber eindringen, wies Rehm durch das Experiment nach. Er erzog junge Kleepflanzen aus Samen unter einer Glasglocke und hing über einzelne Blättchen eine reife Peziza, deren Sporen nun auf die Blättchen fallen mußten. Nach 6—8 Tagen ließ sich bereits ein feines Mycel im Inneren der Blätter nachweisen.

Bei der Leichtigkeit der Keimung, bei der großen Anzahl der Sporen, bei der Zähigkeit, welche der Pilz allen schädlichen Witterungseinflüssen entgegensetzt, ist es nicht zu verwundern, wenn bei günstigen Vegetationsbedingungen des Pilzes die Krankheit epidemisch auftreten kann, wie es bereits von Rehm beobachtet worden. Für die Ausbreitung des Pilzes sind besonders 3 Punkte günstig: 1) feuchte, eingeschlossene Lage des Kleefeldes, 2) lockerer Boden und 3) die, wie Rehm angiebt, jetzt meist eingehaltene Fruchtfolge, nach der die Felder alle 7—8 Jahre mit Roth- und Weißkleegemenge besäet werden und 2—3 Jahre zur Benutzung liegen bleiben, wodurch die im Nachsommer des ersten Jahres gebildeten Peziza-Früchte für ihre Sporen sofort die geeignetste Unterlage finden. Da gegen Lage und Witterung nichts, gegen Bodenbeschaffenheit im Großen wenig zu thun bleibt, muß sich die Aufmerksamkeit des Landwirths auf den dritten Punkt, auf die Fruchtfolge lenken. Es wird sich, sobald das häufigere Vorhandensein des Pilzes auf einem Kleefelde einmal constatirt ist, nur einjährige Benutzung und zeitiges Umbrechen empfehlen. In solchen Wirthschaften aber, in welchen mehrjährig zu benutzende Futterfelder nicht entbehrt werden können und in deren Kleeschlägen sich der Pilz einmal eingenistet hat, bleibt vorläufig kein anderes Hülfsmittel, als das mehrjährige Aussetzen des Kleebaues und dessen Ersetzung durch reine Grassaat.

2. Der Hanfkrebs. Peziza Kauffmanniana Tich.

In ihrer Entwicklung der vorigen ähnlich ist die von Tichomiroff[1]) entdeckte obenerwähnte Peziza. Ein schimmelartiger Mycelanflug in der Markhöhle des

1) Tichomiroff: Peziza Kauffmanniana, eine neue, aus Sclerotium stammende und auf Hanf schmarotzende Becherpilz-Spezies 2c. (Bull. soc. naturalistes de Moscou 1868. 2.), cit. in Hoffmann's: Mykologischen Berichten 1870. S. 42.

Taf. XVI.



Verlag v. Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.

W. A. Meyn lith.

Hanfstengels zeigt den Heerd an, wo vorzugsweise die sehr verschieden gestalteten, bis 2 Cm. großen, schwarzen Sclerotien im September gebildet werden. Die Mycelfäden dringen von der Rinde her, wobei sie selbst die festen Bastzellen durchbohren, durch die Markstrahlen in das Mark ein; dort vermehren sie sich durch Zweigbildung mittelst seitlicher Ausstülpungen, verschmelzen oft *H* förmig mit einander und bilden allmählig das lockere, mit lufthaltigen Lücken versehene Pseudoparenchym des Dauermycelkörpers. Aus demselben erheben sich bei der Kultur bisweilen schon im November, meist aber erst im folgenden April 2—7, anfangs als zugespitzte Cylinder hervorbrechende Fruchtbecherchen. Dieselben sind bald langgestielt, bisweilen verzweigt, bald stiellos. Die stiellosen Becherchen, welche erst auftreten, nachdem die gestielten zu Grunde gegangen, sind hellbraun und größer (bis $1/2$ Cm. Durchmesser) als die gestielten. Während bei letzteren die Paraphysen vorherrschen, treten bei den größeren Scheiben die Sporenschläuche in den Vordergrund. Nur die Sporen der größeren Form keimten und zwar bisweilen schon innerhalb der Sporenschläuche, wie dies auch bei Claviceps microcephala beobachtet worden ist. Die Sporen liegen zu acht in den Schläuchen. Ihre Keimschläuche wahrscheinlich sind es, die in den jugendlichen Hanfstengel eindringen und denselben mehr oder weniger beschädigen. Wurzel und Blätter erscheinen gänzlich verschont und auch die Fruchtbildung wird nicht immer verhindert, wohl aber leiden die Bastfasern, wegen welcher der Hanf gebauet wird. Obgleich die Krankheit bis jetzt nur im Gouvernement Smolensk beobachtet worden, so haben wir doch auch bei uns ein wachsames Auge nöthig, da die Nährpflanze des Schmarotzers zu unseren Kulturpflanzen gehört. Ein anderes Mittel, als den Hanfbau auf dem erkrankten Schlage mehrere Jahre auszusetzen, wird sich kaum finden lassen.

3. Der Lärchenkrebs, Rindenkrebs der Lärche.
Peziza calycina Schum. P. Willkommii R. Hart.

Der für junge Lärchenbestände namentlich höchst gefährliche Schmarotzer wurde von Willkomm[1]) nach der von Rabenhorst herrührenden Bestimmung unter dem Namen Corticium amorphum (Peziza amorpha Pers.) beschrieben. Da Corticium aber ein Hymenomycet, der, wie de Bary[2]) abbildet, auf jeder Basidie vier endständige Sporen trägt, so kann der Name bei dem hier vorliegenden unzweifelhaften Ascomyceten keine Verwendung finden. Der richtige Name wird daher noch näher festzustellen bleiben, da die von Hartig[3]) gewählte Bezeichnung nur dann eine Berechtigung hat, wenn diese Peziza wirklich eine neue Art ist.

---

1) Die mikroskopischen Feinde des Waldes. Heft II. 1867. S. 167 ff.
2) Morphologie u. Physiologie d. P. 2c. 1866. S. 114.
3) Bot. Zeitung 1873. S. 357.

Nach Willkomm's Beobachtungen werden am meisten Pflanzen bis zu 15jährigem Alter von der Krankheit heimgesucht, und zwar zeigt sich dieselbe in der Regel in Thälern, Mulden und den unteren Berglagen, wo reine Lärchenbestände anzutreffen sind. Nasser Boden scheint ihrer Ausbreitung förderlich zu sein.

Das erste Symptom, das bald im Frühling, bald erst im Sommer auftritt, ist das Gelbwerden und Welken der Nadeln von einzelnen Aesten oder wohl auch vom ganzen Wipfel. Gewöhnlich findet man unterhalb der Stelle, wo die gelben Nadelbüschel beginnen, am Stamme einen Harzausfluß aus einer aufgeborstenen, abnorm verdickten Rindenstelle. Die befallenen Zweige sterben alsbald von der Spitze aus ab. In manchen Fällen sieht man keinen Harzausfluß und keine bloßgelegte todte Holzstelle mit Ueberwallungsrändern, die als Krebs bezeichnet wird. Der Sitz der Krankheit ist dann an der Ursprungsstelle der Zweige zu suchen, wo die Rinde abnorm verdickt oder schon der ganzen Länge nach aufgelockert und welk erscheint.

In dem Maaße, als die Aeste abzusterben fortfahren, bilden sich am Stamme mehr und mehr Nadelbüschel mit oft sehr langen Nadeln aus. Im letzten Stadium pflegt der Baum etwa im Juni noch einzelne fadenförmige, dünn benadelte, schlaffe Stammsprossen zu treiben, die noch vor Ende der Vegetationsperiode welken, worauf alsbald das Absterben des ganzen Stammes folgt.

Dies sind die Erscheinungen bei einem langsamen (chronischen) Verlaufe der Krankheit, der bis 7 Jahre dauern kann; es giebt aber auch eine akute Krankheitsform. Es welken dann alle Nadelbüschel gleich nach oder noch während der Entwicklung im Frühjahre und der Baum geht noch in demselben Jahre zu Grunde. Bei 4—5jährigen Saatkämpen zeigen die Pflanzen in der Regel an der Stammbasis verdickte, gelockerte Rinde und Harzausfluß. Die Krebsstelle zeigt sich zuerst als mattglänzender, eingesunkener Flecken mit glatter Oberfläche und wulstigen Rändern; bald platzt dann die Rinde längs des Wulstrandes, und der Harzausfluß beginnt. Cambium und Splint erscheinen vertrocknet und schwärzlich, während die Ränder immer weiter aufreißen, verharzen und so die Stelle vergrößern. Ein Zweig über solcher Krebsstelle wird rasch trocken. An der der Krebsstelle entgegengesetzten Seite des Stammes findet der jährliche Holzzuwachs noch statt und dadurch entsteht die einseitige Anschwellung.

Auf den jungen Krebsstellen, besonders an den aufgetriebenen Rändern brechen kleine, weißliche Pusteln hervor, von denen sich schließlich einzelne in flache, außen weiß filzige, innen orangerothe glatte Schüsselchen umwandeln, die mittelst eines kurzen, dicken Stieles aufsitzen. Diese stellen die entwickelten Fruchtkörper der Peziza dar: sie entspringen von einem unter ihnen reichlich vorhandenen Mycel, das in der kranken, sich speckig schneidenden, harzdurchtränkten Rinde wuchert. Viele Zellen der Rinde sind collabirt und mit einer krumigen gelb-rothbraunen Masse angefüllt; in Folge der Zerreißung des Gewebes entstehen zahlreiche Hohl-

räume, die mit dem Mycel mehr oder minder reich durchzogen sind. Die Mycelfäden verlaufen zuerst in den Intercellulargängen; später dringen sie, am liebsten durch die Tüpfel, in das Zellinnere; dabei löst sich zunächst die Intercellularsubstanz auf; später folgen die Zellwände selbst nach.

Das jugendliche Mycel besteht aus farblosen, äußerst zarten, sich dichotomisch verzweigenden, vereinzelte röthlich-gelbe Tröpfchen enthaltenden Fäden, in denen keine Querwände erkannt werden. Diese Fäden nehmen allmählig an Durchmesser zu und wachsen mitunter zu breiten, doppelt contourirten, mit gelblicher Wandung und undeutlichen Querwänden versehenen Schläuchen heran, welche große Neigung haben, mit einander zu verschmelzen. Der junge Fruchtträger erhebt sich in Form einer weißlichen Warze, deren Spitze allmählig kolbig anschwillt, wobei sie sich gleichzeitig in der Mitte ihrer Oberfläche zu vertiefen beginnt. Später öffnet sich oben die Rindenschicht durch ein rundes Loch und das orangerothe Hymenium wird sichtbar, umgeben von den vorstehenden Enden der den Fruchtkörper zusammensetzenden Fäden, wodurch die haarige Beschaffenheit desselben bedingt wird.

Die Hymenialschicht der sich bei Trockenheit wieder schließenden Becherchen besteht aus keulenförmigen Sporenschläuchen und dazwischen liegenden längeren Paraphysen. Unter dem Hymenium liegt ein sehr engmaschiges, schleimig-filziges Gewebe mit gelb-röthlichem Fettinhalte. Jeder Schlauch enthält 8 röthliche Sporen, welche an der Spitze austreten und im Juni keimend beobachtet wurden.

In der Nähe der durchbrechenden Fruchtkörper entstehen in den Rindenhohlräumen mehrkammerige Höhlungen aus Pilzfäden. Die radial nach innen gestellten, verzweigten Fadenenden jeder Kammer schnüren längliche, in Wasser träge schwankende oder zitternde Körperchen ab, die als Spermatien aufzufassen sind. Die sie bergenden Spermogonien brechen später als kleine, konische, weiße Pusteln durch die Rinde und veranlassen zunächst die Krebsstellen.

Die länglichen, bisweilen zweizelligen, mit farbloser, doppelt contourirter Wandung versehenen Sporen keimen vereinzelt schon nach 24 Stunden. Die jungen Keimschläuche bilden dabei bisweilen entfernt stehende Scheidewände, sowie fast rechtwinklig abgehende Aeste, die an ihrer Ursprungsstelle oft eine Einschnürung mit leichter Anschwellung darüber erkennen lassen. Auf jungen Zweigen sah Willkomm die Spitze des Keimschlauches sich hakenförmig nach der Unterlage hin krümmen und es ist wahrscheinlich, daß dieselben die Oberhaut durchbohren oder in die Risse der älteren zweijährigen Rinde eindringen.

Gegen die Krankheit, welche früher an Lärchen nicht beobachtet worden, und die Willkomm aus einer noch unbekannten Gegend im Südwesten Mitteleuropa's eingewandert vermuthet, empfiehlt sich eine sehr sorgfältige Ausästung derjenigen erkrankten Bäume, die noch einen grünen, kräftig benadelten Wipfel zeigen. Dabei muß eine starke Durchforstung der kranken Bestände eintreten. Sehr kranke Bestände, bei denen bereits alle Lärchen wipfeldürr sind, müssen (am besten im Herbste und Winter) abgetrieben werden.

Saatkämpe sind in Gegenden, wo die Krankheit bereits zum Ausbruche gelangt ist, entfernt von kranken Lärchenbeständen und in einer gegen die herrschenden Winde geschützten Lage anzulegen. Es wird sich ferner empfehlen, die Lärchen fortan nur durch Pflanzung in mit Laubholz gemischten Beständen anzubauen, dabei die aus irgend einem Grunde kränkelnden Stämme schnell zu entfernen und ganz besonders auch den Anbau in Frostlagen oder nassen Thälern und Mulden ganz zu vermeiden.

Register.

D.

G.

H.

J.

K.

Leipzig, Walter Wigand's Buchdruckerei.